



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102089887 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 31

(21) 申请号 200980127044. 8

代理人 章蕾

(22) 申请日 2009. 05. 15

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

61/128, 009 2008. 05. 16 US

61/131, 178 2008. 06. 06 US

61/209, 526 2009. 03. 06 US

H02S 40/22 (2014. 01)

H02S 40/36 (2014. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 01. 11

(56) 对比文件

US 5637155 A, 1997. 06. 10, 全文.

CN 1996739 A, 2007. 07. 11, 全文.

US 5091018 A, 1992. 02. 25, 全文.

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2009/003051 2009. 05. 15

审查员 季茂源

(87) PCT国际申请的公布数据

W02009/139918 EN 2009. 11. 19

(73) 专利权人 昂科公司

地址 美国新墨西哥州

(72) 发明人 詹姆斯·T·巴克

查尔斯·R·海托尔纳斯韦特

布拉登·E·海因斯

小理查德·L·约翰逊

迈克尔·F·特克

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限

责任公司 11287

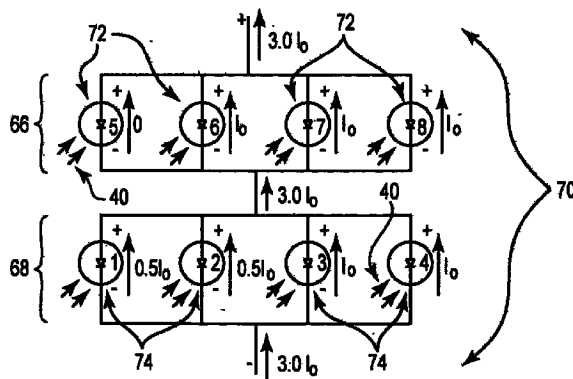
权利要求书2页 说明书12页 附图21页

(54) 发明名称

包括一个或多个耐阴性布线方案的太阳能系统

(57) 摘要

本发明提供了一种用于太阳能系统的耐阴性布线方案。在组内将元件分组且并联布线以使组的总电流在多个组之间基本相同。这种布线方案可应用于太阳能目标（例如，太阳能电池）、太阳能子模块和太阳能模块。



1. 一种光伏太阳能系统,包括多个串联电耦合的太阳能子模块,其中,至少一个所述太阳能子模块具有包括多个子孔径的孔径,所述子孔径将入射光独立地聚焦在至少一个太阳能电池上,所述子孔径相对应的所述太阳能电池设置在至少两个串联耦合的太阳能电池组中,其中,与对角相邻的子孔径相关联的太阳能电池并联地布线以形成“Z字形”图案的太阳能电池组,且每个太阳能电池组包括至少两个并联电耦合的太阳能电池。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中,至少一个所述太阳能电池组包括并联电耦合的第一太阳能电池和第二太阳能电池,其中,将所述第一太阳能电池和所述第二太阳能电池设置为彼此对角相邻。

3. 根据权利要求1所述的系统,其中,至少一个所述太阳能电池组中包括至少三个并联电耦合的太阳能电池,其中,将所述三个太阳能电池中的每个设置为至少与所述至少三个太阳能电池中的至少一个其它太阳能电池对角相邻。

4. 根据权利要求1所述的系统,其中,至少一个所述太阳能电池组包括至少四个并联电耦合的太阳能电池,其中,将所述四个太阳能电池中的每个设置为至少与所述至少四个太阳能电池中的至少一个其它太阳能电池对角相邻。

5. 根据权利要求1所述的系统,其中,在每个子孔径与每个太阳能电池之间存在一一对应关系。

6. 一种制造光伏太阳能系统的方法,包括以下步骤:

a) 设置多个太阳能模块,其中,至少一个太阳能模块包括多个太阳能子模块,其中,每个子模块具有包括多个子孔径的孔径,其中,每个所述子孔径具有捕获入射光并且将所述光导向至少一个太阳能电池的区域;

b) 以一种方式标识两个或多个子孔径组,以使每个组内的子孔径面积的总和在所述子孔径组之间基本相等;

c) 将与所述子孔径组相关联的所述太阳能电池并联电耦合;以及

d) 将所述子模块组串联电耦合,

其中与对角相邻的子孔径相关联的太阳能电池并联地布线以形成“Z字形”图案的太阳能电池组。

7. 一种光伏太阳能系统,包括多个太阳能模块,其中,至少一个所述太阳能模块包括两个或多个子模块组,其中,每个子模块组包括多个太阳能子模块,其中,每个子模块具有拥有捕获入射光的区域的孔径,其中,每个所述组中的所述子模块孔径面积在所述子模块组之间基本相等,其中,所述子模块组内的所述子模块并联电耦合,以及其中,所述子模块组串联电耦合,其中对角相邻的子模块并联地布线以形成“Z字形”图案的子模块组。

8. 一种制造光伏太阳能系统的方法,包括以下步骤:

a) 设置具有孔径的太阳能子模块;

b) 将所述孔径划分为多个子孔径,其中,每个所述子孔径具有捕获入射光并将所述入射光导向至少一个太阳能电池的区域;

c) 将与所述子孔径相关的所述太阳能电池分组为两个或多个组,其中,一个所述组中的所述太阳能电池并联电耦合;

d) 将所述太阳能组串联电耦合,其中,选择每个所述子孔径的面积,以使每个太阳能电池组的总电流基本相同,

其中与对角相邻的子孔径相关联的太阳能电池并联地布线以形成“Z字形”图案的太阳能电池组。

9. 一种制造光伏太阳能系统的方法,包括以下步骤:

a) 设置具有孔径的太阳能子模块;

b) 设置在孔径范围内的多个子孔径,其中,每个所述子孔径具有捕获入射光并且将所述光导向至至少一个太阳能电池的区域,其中,所述多个子孔径由至少一个子孔径重复图案组成,其中,所述子孔径以使每个组内的子孔径面积的总和在所述子孔径组之间基本相同的方式存在于两个或多个子孔径组内;以及

c) 将与所述子孔径组相关联的所述太阳能电池并联电耦合,

其中与对角相邻的子孔径相关联的太阳能电池并联地布线以形成“Z字形”图案的太阳能电池组。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中,多个子孔径中的每个所述子孔径的面积相同。

11. 根据权利要求9所述的方法,其中,在所述重复图案中的所述至少一个子孔径的面积具有与所述重复图案中的其它子孔径或多个子孔径不同的面积。

12. 根据权利要求9所述的方法,其中,将所述子孔径组内的子孔径设置为在所述孔径内彼此对角相邻。

包括一个或多个耐阴性布线方案的太阳能系统

[0001] 优先权声明

[0002] 根据 35U. S. C. 第 119 条 (e) 款, 本非临时专利申请要求 Hines 等于 2008 年 5 月 16 日提交的序列号为 61/128, 009 题目为“CONCENTRATING PHOTOVOLTAIC SOLAR PANEL”的美国临时专利申请、Hines 等于 2008 年 6 月 6 日提交的序列号为 61/131, 178 题目为“CONCENTRATING PHOTOVOLTAIC SOLAR PANEL”的美国临时专利申请、以及 Baker 等于 2009 年 3 月 6 日提交的序列号为 61/209, 526 题目为“SOLAR SYSTEMS THAT INCLUDE ONE OR MORE SHADE-TOLERANT WIRING SCHEMES”的美国临时专利申请的优先权, 其中各所述临时专利申请的全部内容通过引用结合于此。

[0003] 与联邦政府资助的研究或开发有关的声明

[0004] 根据美国能源部授予的第 DE-FC36-07G017044 号合作协议, 在政府的支持下做出本发明。政府在具有本发明中的一些权利。

技术领域

[0005] 本发明涉及光伏发电系统、标准光伏模块、光伏聚光器模块、相关设备和方法。

背景技术

[0006] 太阳能电池板通常是众所周知的 (例如见美国公开第 2006/0283497 号 (Hines))。期望制造发电更多和 / 或成本更低的太阳能发电系统 (例如, 太阳能电池板)。

[0007] 一种方法已经尝试了通过以相对于地面的固定倾斜来定向太阳能电池板而使每块电池板发电更多。例如, 可向南倾斜 20 度设置安装在美国大陆的太阳能电池板。

[0008] 第二种方法已将太阳能电池板安装在跟踪器上, 以便电池板跟踪太阳, 导致在一天和 / 或一年的整个过程中太阳更直接地照射在太阳能电池板上。

[0009] 然而, 当太阳能电池板不是平坦地安装时, 它们倾向于投射阴影。传统地, 太阳能电池板尤其无法耐受阴影。例如, 即使只有电池板的一小部分被遮蔽, 太阳能电池板的输出也会降为零。

[0010] 因此, 当静止倾斜地或者在跟踪器上安装太阳能电池板时, 通常将电池板分隔开以便电池板不会彼此遮蔽成不合适的角度 (例如, 大部分时间)。例如, 图 1 中所示的单轴跟踪系统 10 示出了足以避免相邻行 11 遮蔽的间隔。类似地, 更复杂的跟踪器和倾斜系统还需要更大的间隔, 如图 2 中的倾斜轴跟踪器 12 所示。

[0011] 虽然这种间隔有助于每个太阳能电池板产生高电量, 但是无论是在根据图 1 和 2 所示的地面还是在屋顶安装的情况下的屋顶空间, 都不能高效利用空间。

[0012] 因此, 期望提供一种耐受遮蔽的太阳能电池板, 以有助于更好地利用可用空间, 允许从给定的空间产生更多的太阳能。

[0013] 静止倾斜或跟踪太阳能电池板系统可包括传统平板硅模块以及太阳能聚光器模块, 分别比如市场上可买到的由诸如 SunPower 或 Sharp 公司生产的那些, 以及美国公开第 2006/0283497 号 (Hines) 中所述的那些。

[0014] 由于单独太阳能电池的特性,并且由于光伏系统通常布线在一起的方式,所以传统的光伏太阳能电池倾向于缺乏耐阴性。为了产生期望的输出电压,通常将太阳能电池串联布线在一起,然后将这些串联串并联布线在一起以产生期望的输出电流。

[0015] 如图 3 所示,单个太阳能电池的等效电路包括与电流源 22 并联布线的二极管 21。二极管 21 表示大面积的半导体结或者由太阳能电池材料形成的结。电流源 22 模拟当光照射在其上时生成的光伏电流 I_{ph} 。电阻器 R_p 模拟并联电阻,以及电阻器 R_s 模拟电池外壳的串联电阻(例如,接触电阻等)。注意,流过照明的光伏电池的电流实际上从阴极流到阳极,与导通的标准非照明二极管相反。然而,当光伏电池未照明时,它仅变为普通二极管,只能从阳极向阴极导通。

[0016] 如图 4 所示,通常将接收入射光 40 的光伏电池 30 一起布线为串联“串”32,以产生期望的电压 V_{string} ,在一些情况下电压 V_{string} 可以高达 600V。图 4-10 包括表示串可以包含任意多个电池 30 的虚线。例如,串联布线的任意数量的电池 30 和 / 或并联布线的任意数量的串。通常,形成矩形矩阵。

[0017] 如图 5 所示,接收入射光 40 的电池 30 的多个串 32 通常并联布线在一起,以产生期望的总电流,并从而产生期望的总功率,将其输送至将输出功率调节为与电网兼容的形式的逆变器 34。

[0018] 然而,当单独的太阳能电池 30 受到遮蔽时,如图 6A 所示,其中某些遮蔽物 38 阻挡光 40 到达电池,遮蔽的电池的内部电流源 I_{ph} 降至零电流,并因此遮蔽的电池反而作为普通二极管 42 而工作,从而遮蔽的太阳能电池实质上变为断路,如图 6B 所示,其中二极管 42 由断开的开关 44 表示。因此,要不是遮蔽的太阳能电池的话,即使串中的所有其他非遮蔽太阳能电池 30 都能发电,串中也没有电流流动,因此不发电。

[0019] 为了帮助缓解该问题,本领域中通常设置一个或多个旁路二极管 46,如图 7 所示,以提供电流流动的替代路径。在图 7 中,虽然遮蔽的电池 45 表示为光电二极管,但是双交叉阴影线表示其被完全遮蔽。然而,令人遗憾地,当旁路二极管 46 允许电流流入串中并且因此从串中的其它光伏电池 30 处提取功率时,由于通常约为 0.5V 的固有的正向压降,旁路二极管 46 实际上消耗一定量的功率。

[0020] 图 8 示出了当光伏电池 47 由部分模糊物体 48 部分遮蔽——在此处所示的情况下是半遮蔽(如单交叉影线所示)时的效果。在这种情况下,要是连接在良好地配置的电路中的话,半遮蔽的光伏电池 47 可发一半电。当布线时,电池 47 和旁路二极管 46 的组合电流必须总计达到串的输出电流 I_0 。然而,在该实例中,旁路二极管 46 接通,从而导致跨过光伏电池 47 的电压下降而不是电压上升。因此,旁路二极管 46 和光伏电池 47 耗散功率而不是向输出电路发电。

[0021] 实际上,这种遗憾的情况持续发生,即使当部分遮蔽的电池 47 接近几乎完全照明时(即,变为非遮蔽时);例如,假设通常的逆变器行为以及完全照明的并联串,则如果链中的所有其它电池 30 是 100%照明的,即使 90%照明,部分遮蔽的电池 47 也将继续被绕过。

[0022] 实际上,对于每个单独的太阳能电池 30 和 47,通常的习惯是不包括旁路二极管 46,而是在太阳能电池组周围或者甚至在整个太阳能子模块或模块周围包括单个旁路二极管,这进一步加剧了该问题,因此,由于除了部分遮蔽的电池(多个电池)之外还绕过完全照明的电池,从而令人遗憾地导致甚至更大的潜在功率的损耗。

发明内容

[0023] 本发明提供了多种解决方案,有助于单独或组合地克服和/或缓解现有技术的光伏太阳能电池串中存在的一个或多个问题。

[0024] 例如,本发明可以提供一种光伏太阳能模块和/或系统,通过设置允许部分遮蔽的太阳能电池为串联串贡献输出功率的一种或多种布线方案,可以相对于使用传统旁路技术的模块或系统显示出改善的耐阴性。有利地,使用这种布线方案可以有助于避免具有其伴随功耗的旁路二极管的启用。

[0025] 本发明首先考虑了假设的理想部分旁路组件——精确提供正确的电流量以补偿部分遮蔽的太阳能电池 47 中损耗的电流的补充电流源 50,如图 9 所示。在图 9 中,示出了 40%被遮蔽的太阳能电池 47,从而产生完全照明的电池 30 的 60%的电流。因此,补充电流源 50 理想地可以提供完全照明的电池 30 的 40%的电流。在由外部电源(例如,电网)提供补充电流源的情况下,电流源 50 消耗的功率量等于补充电流乘以跨过部分遮蔽的电池 47 的电压。因此,净功率增益或损耗为部分遮蔽的电池 47 与补充电流源 50 生成的光电流之间的差乘以跨过它们的电压。给定该布置,无论电池是否多于 50%被照明,都存在光伏串生成的功率中的净增益。

[0026] 接下来,本发明认识到如果大的太阳能电池阵列包括某些完全遮蔽的电池、某些部分遮蔽的电池、某些未遮蔽的电池时,则可以通过太阳能阵列的整体串-并联电路的智慧的、动态的重新布线来最大化系统的功率输出。通过简单实例的方式,图 10 示出了如下情况,其中,一个光伏电池 47 被部分遮蔽,但已经与(以补偿量被部分遮蔽的)另一光伏电池 52 并联布线,从而实现了从一对部分遮蔽的电池 47 和 52 收获完全能量,而在旁路二极管中没有寄生功耗。电池 47 和 52 的电流总和等于串联布线的电池 30 的电流。

[0027] 理论上,利用例如所有太阳能电池导线输入至其的大规模中央“配电板(switchboard)”对于整个太阳能阵列进行这种动态的重新布线是可能的,所述配电板包括由智能计算机控制的比较大的无损耗开关阵列,该智能计算机可以交替对通过阵列中的每个太阳能电池的电流进行采样并且然后对电池进行重新布线以得到最佳功率输出。然而,这种系统的实际实现可能造成巨大的挑战 and 成本,从而限制了其应用。

[0028] 本发明还教导了太阳能电池板上的光和影的图案倾向于高度相关和系统(systematic),以便可通过较简单的(利用落在太阳能电池板上的阴影的系统性质的)静态布线方法来实现(上面参照图 10 所讨论的)任意布线的中心配电板的许多益处。由于主要的遮蔽源倾向于是由(固定倾斜地或者在跟踪系统上设置的)相邻的太阳能模块带来的自遮蔽,所以可能出现遮蔽的系统性质(systematic nature)。对于屋顶安装,其它遮蔽源包括倾向于投射具有比较简单的几何图形的阴影的诸如护墙、空调机组、电梯的物体。

[0029] 具体地,如图 11A 和图 11B 所示,通常的阴影 60 不是随机的而是具有比较简单的结构(例如,直线和简单的多边形),并且可能期望将太阳能子模块的孔径 62 分割成子孔径 64 并且然后将与某些子孔径 64 中相对应的太阳能电池 72 并联布线为一组 66,而将与其它子孔径 64 相对应的太阳能电池 74 布线为一个或多个其它组 68,并且然后通过将这些组布线为串联电路 70 来产生期望的输出电压。提供并联布线的组 66 或 68 的多重性可允许并联布线的组接收相似的阳光总量。通过向并联布线的组的多重性提供相似的阳光总量,然

后可将这些组串联布线在一起,而没有输出功率的实质损耗,并且不会产生对遮蔽的太阳能电池产生正向偏压或启用旁路二极管的电压。

[0030] 在图 11A 的情况下,示出了太阳能电池板的孔径 62,其包括八个不同的子孔径 64,具有遮蔽了子孔径 #1 和 #2 中的每个的 50%的而完全遮蔽子孔径 #5 阴影。在这种情况下,通过平衡太阳能电池 66 和 68 的并联组中的光电流,图 11B 所示的布线方案将导致收获约 100%的可用能量。

[0031] 在太阳能电池板的情境下,则本发明的原则教导是图 11A 和图 11B 的实例的概括,并包括以下步骤:1) 将太阳能电池板的孔径划分为子孔径,可将子孔径的太阳能电池布线在一起以形成任何期望的串-并联图案;2) 将单独的太阳能电池或太阳能电池组布线为并联电路组,其中通常预期每个并联组的总电流基于预期的阴影图案是相似的;以及 3) 优选地,将并联组串联布线以产生期望的输出电压。本发明的一般概念允许无限个并-串联分组等级。在最简单的形式中, N_1 个组串联连接,其中每个组具有并联连接的 M_1 个电池。建立在最简单的形式上,系统 X 可具有串联连接的 N_2 个组,其中每个组具有 M_2 个并联连接的 X。此外,附加系统 Y 可具有 N_3 个串联连接的组,其中每个组具有 M_3 个并联连接的 Y——直到无穷。对于该配置可能存在实际的限制。上述的一般概念可扩展为将单独的太阳能子模块和 / 或太阳能模块布线为并联电路组,其中通常预期每个并联组的总电流基于预期的阴影图案是相似的,优选地,将并联组串联布线以产生期望的输出电压。

[0032] 利用根据本发明的布线方案的方法在太阳能模块(更尤其是跟踪器上的太阳能模块,包括聚光模块和传统的平板模块(注意:平板模块也可称作太阳能电池板))以规则图案彼此紧密相邻地设置的情况下尤其有用。当太阳能模块投射在其相邻太阳能模块上的阴影(多个阴影)以这些规则图案排列时,这些阴影将通常与系统中的所有其它太阳能模块投射的阴影(多个阴影)大致相同。因此,规则地隔开的太阳能子模块阵列将倾向于投射简单的阴影种类,其将使整个阵列最服从本发明所教导的改进。如本文所使用的,太阳能电池板是太阳能模块的实例,而太阳能收集器是子模块的实例。

[0033] 因此,可将下面的任选“步骤 0”添加在步骤 1 之前:0) 以规则隔开的图案(多个图案)设置太阳能电池板阵列,以使由单独的太阳能电池板投射在其它太阳能电池板上的阴影在阵列之间倾向于相似并且具有简单的几何形状,从而获知以下各项的标识(identification):1) 合适的子孔径和子孔径组,2) 合适的太阳能子模块和太阳能子模块组,和 / 或 3) 合适的太阳能模块和太阳能模块组。

[0034] 通过这种阵列的实例的方式,图 12A 示出了屋顶上的三个聚光太阳能电池板或模块 2 的阵列(每块太阳能电池板 2 包括六个收集器或子模块 7),属于申请人的如下申请所描述的类型,即,由 Turk 等于 2008 年 5 月 16 日提交的题目为“CONCENTRATING PHOTOVOLTAIC SOLAR PANEL”的第 61/128,009 号共同未决申请(代理人卷号:SEI0033/P1)和由 Turk 等于 2008 年 6 月 6 日提交的名为“CONCENTRATING PHOTOVOLTAIC SOLAR PANEL”的第 61/131,178 号共同未决申请(代理人卷号:SEI0033/P2),这两个申请示出了由每块太阳能电池板投射在其相邻的太阳能电池板(多个太阳能电池板)上的阴影 4 的相似性,所述临时专利申请的全部内容通过引用结合于此以用于所有目的。

[0035] 根据本发明的一个方面,太阳能光伏系统包括多个串联电耦合的太阳能子模块。至少一个太阳能子模块具有包括多个独立地将入射光聚焦在至少一个太阳能电池上的子

孔径的孔径。以至少两个串联耦合的太阳能电池组设置子孔径的太阳能电池。每个太阳能电池组包括至少两个并联电耦合的太阳能电池。

[0036] 根据本发明的另一方面,太阳能光伏系统包括至少一个光伏子模块。至少一个子模块包括包含至少两个并联布线的光伏电池的第一光伏电池组,以及包含至少两个并联布线的光伏电池的第二光伏电池组。第二组的至少两个光伏电池不同于第一组的至少两个光伏电池。将第一组和第二组串联布线。

[0037] 根据本发明的另一方面,太阳能系统包括多个串联电耦合的太阳能子模块。至少一个太阳能子模块包括多个独立地捕获入射光的太阳能电池。至少一个子模块包括至少包含第一太阳能电池至第四太阳能电池的第一太阳能电池行,以及至少包含第五太阳能电池至第八太阳能电池的第二行。太阳能电池存在于至少两个串联耦合的组中。第一组和第二组均包括来自第一行的至少两个太阳能电池和来自第二行的至少两个太阳能电池。来自第一行的至少两个太阳能电池中的每个和来自第二行的至少两个太阳能电池中的每个彼此并联电耦合。

[0038] 根据本发明的另一方面,光伏太阳能系统包括多个串联电耦合的太阳能模块。至少一个太阳能模块包括多个独立地捕获入射光的太阳能子模块。以至少两个串联耦合的组设置太阳能子模块。每个子模块组包括至少两个并联电耦合的子模块。

[0039] 根据本发明的另一方面,太阳能系统包括多个串联电耦合的太阳能子模块。至少一个太阳能子模块包括多个独立地捕获入射光的目标。至少一个子模块包括至少包含第一目标至第四目标的第一目标行,以及至少包含第五目标至第八目标的第二目标行。目标存在于至少两个串联耦合的组中。第一组和第二组均包括来自第一行的至少两个目标和来自第二行的至少两个目标。来自第一行的至少两个目标中的每个和来自第二行的至少两个目标中的每个彼此并联电耦合。

[0040] 根据本发明的另一方面,太阳能聚光系统包括多个串联电耦合的太阳能聚光模块。至少一个模块包括第一电耦合组和第二电耦合组。每个组包括多个彼此并联电耦合的子模块。每个组内的每个子模块在结构上位于模块内以使每个子模块与组的至少一个其它子模块对角相邻。

[0041] 根据本发明的另一方面,一种制造太阳能系统的方法包括以下步骤:a) 提供多个太阳能模块;b) 以一种方式标识两个或多个子孔径组,以使每个组内的子孔径面积的总和和子孔径组之间基本相等;c) 将与子孔径组相关联的太阳能电池并联电耦合;以及d) 将子模块组串联电耦合。至少一个太阳能模块包括多个太阳能子模块。每个子模块具有包括多个子孔径的孔径。每个子孔径具有捕获入射光并且将所述光导向至少一个太阳能电池的区域。

[0042] 根据本发明的另一方面,太阳能系统包括多个太阳能模块。至少一个太阳能模块包括两个或多个子模块组。每个子模块组包括多个太阳能子模块。每个子模块具有拥有捕获入射光的区域的孔径。每个组内的子模块孔径面积的总和和子模块组之间基本相等。子模块组内的子模块并联电耦合。子模块组串联电耦合。

附图说明

[0043] 图 1 示出了安装在隔开的单轴跟踪器上的传统光伏模块的现有技术阵列。

- [0044] 图 2 示出了安装在隔开的、倾斜的单轴跟踪器上的传统光伏模块的第二现有技术阵列。
- [0045] 图 3 示出了具有产生的光电流 I_{ph} 的太阳能电池的等效电路模型。
- [0046] 图 4 示出了太阳能收集器 / 子模块的太阳能电池串的传统布线方案。
- [0047] 图 5 示出了图 4 所示类型的多个太阳能电池串的传统布线方案。
- [0048] 图 6A 示出了图 4 中太阳能电池串的完全遮蔽的的电池。
- [0049] 图 6B 示出了图 6A 所示的串上的电效应。
- [0050] 图 7 示出了图 6A 中的包括旁路二极管的串。
- [0051] 图 8 示出了图 4 中的串的部分遮蔽的电池。
- [0052] 图 9 示出了图 4 所示的串中使用的假设的补充电流源。
- [0053] 图 10 示出了根据本发明的用于太阳能电池串的布线方案的一个实施方式。
- [0054] 图 11A 示出了太阳能收集器 / 子模块的孔径上的阴影的图案。
- [0055] 图 11B 示出了根据本发明的布线方案的另一实施方式。
- [0056] 图 12A 示出了结合了根据本发明的布线方案的太阳能电池板阵列。
- [0057] 图 12B 示出了图 12A 所示的太阳能电池板阵列的局部视图, 示出了阴影图案。
- [0058] 图 13 示出了根据本发明的用于图 12B 所示的遮蔽的太阳能电池板的布线方案的另一实施方式。
- [0059] 图 14A 示出了太阳能收集器的孔径的子孔径。
- [0060] 图 14B 示出了具有与图 14A 所示的子孔径相比较小的子孔径的太阳能收集器的孔径。
- [0061] 图 15A 示出了根据本发明的布线方案的另一实施方式。
- [0062] 图 15B 示出了与图 15A 所示的布线方案相对应的子孔径布局。
- [0063] 图 15C 示出了用于制造图 15B 所示的孔径的子孔径的重复小片。
- [0064] 图 15D 示出了如何用图 15C 所示的整数倍重复小片制造图 15B 所示的孔径。
- [0065] 图 16A 示出了太阳能收集器的给定孔径的另一子孔径布局。
- [0066] 图 16B 示出了用于制造图 16A 的孔径的第一种类型的子孔径重复小片。
- [0067] 图 16C 示出了用于制造图 16A 的孔径的第二种类型的子孔径重复小片。
- [0068] 图 16D 示出了如何用完整的多个 (图 16B 和图 16C 所示的) 重复小片的每个制造图 16A 所示的孔径。
- [0069] 图 17A 示出了可用于制造太阳能收集器 / 子模块的孔径的另一种类型的子孔径的重复小片。
- [0070] 图 17B 和图 17C 示出了如何用完整的多个 (图 17A 所示的) 重复小片制造图 17A 所示的孔径。
- [0071] 图 18A 示出了可用于制造太阳能收集器 / 子模块的孔径的另一种类型的子孔径的重复小片。
- [0072] 图 18B 示出了可用于制造太阳能收集器 / 子模块的孔径的可选类型的子孔径的重复小片。
- [0073] 图 18C 示出了可用于制造太阳能收集器 / 子模块的孔径的又一种可选类型的子孔径的重复小片。

[0074] 图 19A 示出了根据本发明的用于将多个太阳能收集器电耦合在一起的优选布线方案。

[0075] 图 19B 示出了图 19A 所示的布线方案的更详细的视图。

[0076] 图 19C 示出了根据本发明的用于将多个太阳能收集器电耦合在一起的可选布线方案。

[0077] 图 19D 示出了图 19C 所示的布线方案的更详细的视图。

[0078] 图 19E 示出了根据本发明的用于将多个太阳能收集器电耦合在一起的又一种可选布线方案。

[0079] 图 19F 示出了根据本发明的可选实施方式。

具体实施方式

[0080] 下面所述的本发明的实施方式不打算作为穷尽或者将本发明限制于下面的详细描述中公开的精确形式。相反地,选择并描述实施方式以使本领域技术人员可了解和理解本发明的原理和实践。

[0081] 具体地,虽然所示的优选实施方式是聚光光伏模块,但是本发明教导的方法和技术同样良好地应用于未利用聚光的普通太阳能电池板;本发明应用于(聚光的或非聚光的)光伏模块包括子孔径的任何一种情况中,其中在单个太阳能电池或太阳能电池组上分别收集子孔径的光。

[0082] 在下面所述的实施方式中,相同的参考标号用于描述在这些实施方式中相同的特征。

[0083] 如本文所使用的,子孔径与光伏电池通常具有一一对应关系。因此在任何情况下,覆盖多个太阳能电池的孔径可以重新表征为多个子孔径,其中每个子孔径与每个太阳能电池具有一一对应关系。

[0084] 图 12A 示出了根据本发明的光伏发电系统的第一实施方式。光伏发电系统 1 包括多个单独的光伏收集器 7。光伏发电系统 1 可包括任何种类的光伏模块,包括图 12A 所示的聚光太阳能电池板 2、或图 1 和图 2 所示的传统太阳能电池板。参照图 12A,单独的太阳能电池板倾向于投下阴影 4,在一天或一年的某些时候,阴影 4 可能部分地遮蔽相邻的太阳能电池板 2。

[0085] 每个光伏收集器 7 可包括以串-并联组合方式布线在一起的多个太阳能电池(未示出)。如图 12B 所示,可将给定收集器 7 视为被分为孔径 62 和/或子孔径 64。在传统太阳能电池板的情况下,子孔径 64 刚好是单独的太阳能电池本身的区域;在太阳能聚光器的情况下,子孔径 64 通常是聚焦在单个太阳能电池(未示出)上的输入孔径 62 的一部分。在任何一种情况下,单个子孔径可聚焦在多个太阳能电池(例如小太阳能电池阵列)上,或者在传统的太阳能电池板的情况下,单个子孔径可包括多个单独的太阳能电池。

[0086] 如上面所讨论的,本发明认识到,当通过串联串的不同元件的可用光电流不相等时,产生阴影引起的太阳能电池板特性缺陷。如果通过某种方式可使电流相等——或许通过设置补充电流源以辅助部分照明的电池,则甚至可能从这些部分照明的电池收获功率。图 9 示出了这种假设的“补充电流源”50,图 9 示出了与部分照明的电池 47 并联的电流源。当可能实现这种电路时,补充电流源 50 需要功率来工作。在产生小于其串中的其它电池的

光电流的一半的弱电池 47 的情况下,补充电流源 50 所需的功率将超过由弱电池 47 产生的电流。

[0087] 本发明认为,随着阴影跨过电池板 2 移动,例如在图 12A 中,部分遮蔽的太阳能电池板 2 中的可选方法可以为以串-并联组的方式将收集器 7 内的太阳能电池智能地 (intelligently) 重新布线在一起。如果并联地布线电池组,并且然后串联地布线那些组,则通过将电池智能地组合为一个或多个电池的并联组而使得每个组内的电流总和在所有组之间基本相等,可使电流相等。(不可能在所有情况下都完美地组合电池,但是存在一种最佳组合以提取最大功率)。图 10 示出了该组合的非常简单的实例,其中将两个部分遮蔽的电池 47 和 52 并联布线以产生与完全照明的电池 30 相等的总光电流。

[0088] 因此,假设的系统可将来自每个太阳能电池 30、47、50 等的导线 (lead) 连接至大的智能多路开关,多路开关能够根据需要将太阳能电池任意地重新布线为串-并联电路,以在并每个并联布线电池组之间实现相等的电流。然而,实现这种没有某种缺点(例如在二极管的情况下的功率损耗、或者在继电器或更高效的半导体元件的情况下的费用和控制复杂性)的开关可能是有挑战性的。虽然对于某些比较大的系统来说,这种实现可能是有挑战性的,但是本发明确实认识到这种“中央配电板”可表示本文中的概念的可行实施方式。

[0089] 然而,因为阴影图案通常不是完全任意的,所以本发明探究了在存在通常的阴影图案的情况下可以能够实现智能多路开关的目的的静态串-并联布线配置的可能性。

[0090] 该问题的简单示例性解决方案已经由 Turk 等于 2008 年 6 月 6 日提交的题目为“CONCENTRATING PHOTOVOLTAIC SOLAR PANEL”的第 61/131,178 号共同未决申请(代理人卷号:SEI0033/P2)中公开,其中所述临时专利申请通过引用结合于此用于所有目的。如上面所讨论的,图 11A 和图 11B 示出了该示例性解决方案。申请人认识到该示例性解决方案可应用于任何种类的子孔径、阴影图案和布线要求。

[0091] 用一般术语描述这个概念,本发明教导了期望将太阳能子模块内(或在多个太阳能子模块之中)的太阳能电池(或太阳能电池串联)组织为倾向于具有相似的总电流的并联电路组,然后优选地对这些组进行串联布线。扩展该概念,本发明可应用于可得益于这种耐阴性布线的任何太阳能单元或者子单元。例如,本发明可将太阳能模块内(或在多个太阳能模块之中)的太阳能子模块(或者太阳能子模块串联)应用于倾向于具有相似的总电流的并联电路组,然后优选地将这些组串联布线。作为另一个实例,本发明可将太阳能系统内的太阳能模块(或太阳能模块串联)应用于倾向于具有相似总电流的并联电路组中,然后优选地将这些组串联布线。

[0092] 一种简单的方法可以是将整个太阳能电池板或者甚至整个光伏系统的所有太阳能电池并联布线,从而避免在串联连接链(series-connected chain)中匹配电流的任何需要。然而,这种解决方案可能具有在过低的电压处产生过高电流的缺点,这不是实用的实现方法。期望的系统产生比较高的电压,例如,对于通常的工业设备(commercial installation)为 400-600V,因此优选地将太阳能电池(或者太阳能电池并联组)串联布线在一起。

[0093] 本发明教导了,一种产生期望的较高电压的方法是将与相似遮蔽的子孔径相关联的太阳能电池并联布线以使并联布线的每一电池组的总电流基本上与并联布线的其它电

池组（多个电池组）中的每个的总电流相等，然后将那些并联组串联布线。由收集器 7 投射在相邻电池板 2 的相邻收集器 7 上的阴影倾向于规则化和图案化通常是均匀排列的跟踪太阳能子模块（例如，图 12A 所示的收集器 7）的特性，导致相邻收集器 7 上的相似遮蔽的孔径组。通过举例的方式，图 12B 示出了一种实际的遮蔽情形，其示出了从一块聚光太阳能电池板 2 落到第二块聚光太阳能电池板 2 上的阴影 4。聚光太阳能电池板 2 包括收集器 7，每个收集器 7 包括孔径 62，并且每个孔径 62 包括一组（对于每个孔径 62，编号为 1-8 的）子孔径 64。如图 13 所示，然后可将与每个子孔径 64 相关联的太阳能电池（未示出）收集为串 - 并联电路。在这种情况下，由于子孔径组的总照明与其它子孔径组中的每个的总照明紧密匹配，因此允许如下事实，即，单独的太阳能电池产生比其它太阳能电池更多或更少的电流——每个太阳能电池仍然几乎完全将其单独的光电流贡献给发电，从而每个组的总电流在组之间相等。在图 12B 所示的情况下，来自相邻聚光太阳能电池板 2 的阴影 4 覆盖每个子孔径 #4 的三分之一，而它通常覆盖聚光太阳能电池板 2 的每个子孔径 #8 的九分之二（几乎之一）。

[0094] 进一步参照图 13，其示出了与每个子孔径 64 相对应的太阳能电池 82 的布线，通过这种阴影图案，两个并联组中的每个将产生未遮蔽的子孔径的电流 I_0 的三又三分之二倍。因为子孔径 #4 和 #8 上的阴影面积不是完全匹配的，所以仍然会损耗少量电流——在这种情况下，子孔径 #8 能够产生未遮蔽孔径的电流 I_0 的九分之七，但是因为由于子孔径 (#1、#2、#3、#4) 构成的组仅产生了电流值 I_0 的 $32/3$ ，所以组 (#5、#6、#7、#8) 中可利用的额外 $1/9$ 损耗掉了。这通过与（与子孔径 #8 相关联的）太阳能电池 82 相关联的 $7/9I_0$ 示出，其被删去并且由 $2/3I_0$ （即实际可利用的电流值）替代。注意，在实际系统中，损耗的 $1/9$ 并不是完全来自于以牺牲所示的子孔径 #8 为代价；实际上，这 $1/9$ 的损耗将在四个子孔径 (#5、#6、#7、#8) 之间分担，其中具体细节取决于如逆变器（例如逆变器 34）所选择的整个阵列的电压设定点。如图 12B 和图 13 所示，将与对角相邻的子孔径相关联的太阳能电池并联地布线以形成太阳能电池组。例如，对角相邻的子孔径 #5、#6、#7 和 #8 形成一组，而对角相邻的子孔径 #1、#2、#3 和 #4 形成另一组。这种太阳能电池分组可称作太阳能电池“Z 字形”图案分组。当存在纯水平或纯垂直的阴影时，因为照明面积对于每个串联串是相同的，所以 Z 字型图案可能特别有效。当存在 45 度的对角阴影时，因为阴影跨过子孔径的偶数编号的对角线而剪取 (clip)，所以 Z 字形图案还是会特别有效。然而，与其它静态配置相比，Z 字形布线方案对于任何阴影图案都是优选的布线方案。

[0095] 当考虑整个太阳能电池板阵列时，这种串 - 并联电路无法单独产生期望的足够高的输出电压和 / 或可能产生不期望的高输出电流（例如，需要昂贵的粗布线、保险丝、电气互连等）。因此，为了产生期望的足够高的输出电压，并且为了帮助将总电流保持在期望的足够低的水平，可能不总是能够将良好耐阴性可能需要的那么多太阳能电池并联布线。因此，本发明教导了一种将子孔径进一步组织为更大量并联子电路（均包括少量太阳能电池）的技术。从太阳能电池 / 子孔径到并联子电路的优选组织方式取决于预期的阴影类型。对于在很多情况下预期的通常直线和矩形阴影形状，从子孔径 / 太阳能电池到子电路的一种适当组织方式为重复网格。这种网格的最简单的形式是用于矩形子孔径和两个并联电路的情况，在这种情况下，网格仅仅是棋盘图案，如图 11A 和图 11B 所示。这种两个电路 / 矩形子孔径图案是 Turk 等于 2008 年 6 月 6 日提交的题目为“CONCENTRATING PHOTOVOLTAIC

SOLAR PANEL”的第 61/131, 178 号共同未决申请（代理人卷号：SEI0033/P2）中公开的示例性解决方案，其中所述临时专利申请通过引用结合于此以用于所有目的。

[0096] 例外的阴影形状仍然可能导致这种设计的两个并联电路中的不良匹配电流，但是良好地减轻了通常的阴影形状。尽管如此，本发明教导了，因为减小子孔径的尺寸倾向于减少来自任何单个子孔径的电流贡献，所以随着子孔径尺寸的减小，将总体上改善电流匹配。因此，对于合理形状的阴影，通过较小的子孔径可降低电流失配总量。这在图 14A 和图 14B 中示出，其示出了两种两个电路 / 矩形子孔径设计，一种具有包括尺寸为 $2x$ 的子孔径 64 的孔径 62，而另一种具有包括尺寸为 x 的子孔径 94 的孔径 92。当矩形阴影（未示出）从角部开始蔓延时，两个并联电路中的最坏情况下的电流不平衡等于由单个子孔径产生的光电流，并且因此对于图 14B 中的具有尺寸为 x 的子孔径的系统是图 14A 中的具有尺寸为 $2x$ 的子孔径的系统的四分之一，因而由于图 14B 情况下的矩形阴影导致与最坏情况下的 $1/4$ 一样多的功率损耗。

[0097] 本发明包括用于串联地处理多于两个并联子电路（例如，66 或 68）的方法（例如，如果期望较高的输出电压）或者用于处理不同于矩形子孔径的方法。在多于两个并联子电路的情况下，与每个子电路相对应的子孔径（例如，94）可比较均匀地遍布较大孔径分布（例如，92）。例如，如果期望串联三个并联子电路 96、97 和 98，如图 15A 所示，则如图 15B 所示的布局是合适的。通常的容易实现的方法倾向于是子孔径的重复小片（tile）；在图 15B 的实例中，布局由图 15C 所示的重复小片构成。图 15D 示出了如何由这些小片构造完整的孔径——将这些小片互锁，并且然后在边缘处截断，就像例如当为台面铺设实际瓷砖时可能做的那样。在这种情况下，注意，例如图 15B 中所示的完整孔径优选地具有大量子孔径（为多个重复小片），以使每种类型的单独子孔径的总数相同。例如，图 15D 中标记为 A1 的部分由图 15C 中所示的重复小片中编号为“3”和“1”的子孔径构成。并且图 15D 中标记为 A2 的部分由图 15C 中所示的重复小片中的编号为“2”的子孔径构成。A1 与 A2 的总和对应于图 15C 所示的一个重复小片。同样地，参照图 15D，标记为 B1 和 B2 的部分的总和以及标记为 C1 和 C2 的部分的总和均对应于图 15C 所示的一个重复小片。

[0098] 本发明认识到甚至对于子孔径来说不必具有相同的尺寸，并且只要与每个并联子电路相关联的总收集面积近似相同，则子孔径的任何布局都行。

[0099] 同样地，整个孔径可包括多于一种的重复小片，并且可将小片打破成片段并且放置在其它位置处。再次，瓷砖台面的类比是合适的，其中优选实施方式可利用所有数量的小片。即，即使必须将小片切割为片段来填充子孔径，如果没有剩下碎片的小片，则它仍然代表优选实施方式。

[0100] 通过举例的方式，图 16A 的子孔径图案乍看起来有点随机，但是它实际上是由两种基本小片类型（图 16B 和图 16C 的小片）构成的。注意，优选地，每个小片为 #1、#2 和 #3 类型的子孔径分配相等的面积，以在三个相关联的并联太阳能电池电路中的每个中保持近似相等的电流。即，参照图 16B 所示的重复小片，标记为 #1 的子孔径的面积等于标记为 #2 的两个子孔径的面积之和，并且标记为 #1 的子孔径的面积等于标记为 #3 的子孔径的面积。同样地，参照图 16C 所示的重复小片，标记为 #1 的两个子孔径的面积之和等于标记为 #2 的三个子孔径的面积之和，并且标记为 #1 的两个子孔径的面积之和等于标记为 #3 的两个子孔径的面积之和。

[0101] 图 16D 示出了如何将图 16B 和图 16C 所示的小片组装为图 16A 的孔径。小片 100 属于图 16B 的类型,而小片 102 属于图 16C 的类型。图 16D 还示出了如何可将单个小片切割为片段并且重新组装;已将小片 106 的缺失部分 104 切断并设置为小片断片 108;此外,与缺失部分 104 的方向相比,上下颠倒地设置小片断片 108。所有这些技术以及利用所有数量的小片的任何其它技术都代表本发明的优选实施方式。

[0102] 图 17A 示出了实现三个并联电路设计的又一种类型的重复小片。图 17B 示出了由图 17A 所示的重复小片的完整形式和断片形式构造的孔径。注意,存在很多(可由不导致每个子孔径的总面积相等的该小片构成的)孔径的可选实施方式;在所示的情况下,如图 17C 所示,已经谨慎地构造了具有合适比例的完整孔径,以便不剩下小片断片。因此,两个标记为“A”的小片断片可一起形成图 17A 所示的单个重复小片,并且对于标记为“B”和“C”的小片断片也是同样;没有剩下小片断片,并且因此这代表优选实施方式。

[0103] 本发明进一步认识到小片、子孔径以及孔径不需要限制为精确的正方形和矩形;只要将子孔径面积相等的基本原理专用于每个并联电路,则任何形状都是可接受的。

[0104] 例如,图 18A 示出了与串联布线的四个并联子电路相对应的子孔径,所述子孔径包括矩形和三角形的子孔径。图 18A 具有重复网格,其指的是网格中的相对对称量。图 18A 示出了旋转对称的图案。并且当重复网格是明显直接的方式时,不需要另一种样本实施方式,如图 18B 所示。图 18B 示出了具有左右对称而非上下对称或旋转对称的网格。图 18B 还示出了,虽然优选地通常“交错”子孔径时(即,遍布孔径创建最大均匀性),但是诸如图 18B 的可选实施方式可具有较小的均匀性。

[0105] 最后,图 18C 示出了孔径和/或子孔径小片不必为矩形,而是可以为任何形状。在优选实施方式中,镶嵌(即,利用转化的和/或旋转的形状填充 2D 空间,并且利用其它形状铺设)子孔径小片以便完全填充孔径区域,但是不要求完全填充孔径区域;孔径区域的一部分可以留下不用。

[0106] 此外,尽管图中所示的实施方式主要考虑的是一般的矩形孔径,但是孔径可具有任何期望的形状。

[0107] 那么,总之,本发明教导了用于将太阳能电池组织为电路的以下优选技术:1) 标识光伏子模块的孔径(多个孔径)中的子孔径组,每个子孔径组具有近似等于每个其它子孔径组的面积的总子孔径面积。优选地,子孔径组应该遍布孔径均匀地分布。2) 将来自每个这些组的太阳能电池收集在一起以成为并联布线的子电路。3) 将并联子电路串联布线。4) 将这些串-并联组件与来自其它孔径的其它相似遮蔽的组件串联布线。如上所述,可外推这种优选的技术以应用在多个太阳能子模块之中和/或多个太阳能模块之中。

[0108] 进一步的可选方式允许子孔径组跨越多个孔径。即,到现在为止所描述的实施方式中,已经一般地假设孔径内的太阳能电池利用来自组的单个输入和输出布线形成单个串-并联组;图 19A 的优选实施方式中示出了这种基本的拓扑结构,其中太阳能电池板 105 的每个收集器 101 与一个或多个相邻收集器 101 串联布线。图 19B 更详细地示出了整个太阳能电池板 105,揭示了模块 105 内的每个收集器 101 中存在的八个子孔径的串-并联组合。

[0109] 然而,将子孔径或子孔径组(例如,子孔径的串-并联组合)组合成串-并联组合的概念可以超出单独的收集器之外。例如,图 19C 示出了用于聚光光伏模块 110(将其收集

器 111 布线为仅在模块 110 的末端处组合的两个并联串) 的可选布线实施方式。如图 19D 所示, 每个收集器内的子孔径也可以串 - 并联组合方式布线在一起。可选地, 未示出, 每个收集器可单独地布线为串联串。图 19E 示出了对于模块 115 来说可行的单独收集器的又一个可选的串 - 并联组合。

[0110] 简而言之, 认为如下那些串 - 并联布线组合是优选的, 即, 通过倾向于使串联布线的任何子孔径或子孔径组中的可利用光电流相等 (即, 并联电池组的总电流是相同的) 来提供最大耐阴性, 本发明允许使用遍及光伏子模块的子孔径的任何串 - 并联组合。

[0111] 图 19F 示出了如何外推本发明以应用于多个子模块的实例。将子模块 207 组合在一起并且并联布线以使给定组的总电流与并联布线的所有其它子模块组 207 基本相似。如图所示, 与图 19A 所示的每个子模块 101 相似, 每个子模块 207 具有八个子孔径 (编号为 1-8)。子模块 207 可来自相同的太阳能模块或者可来自两个或多个不同的太阳能模块。

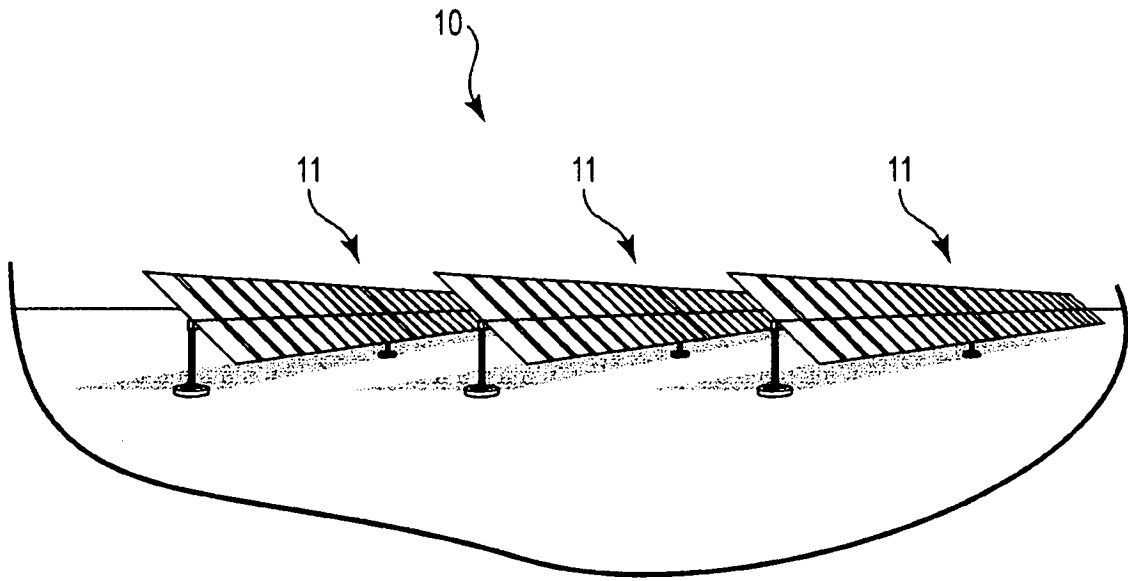


图 1(现有技术)

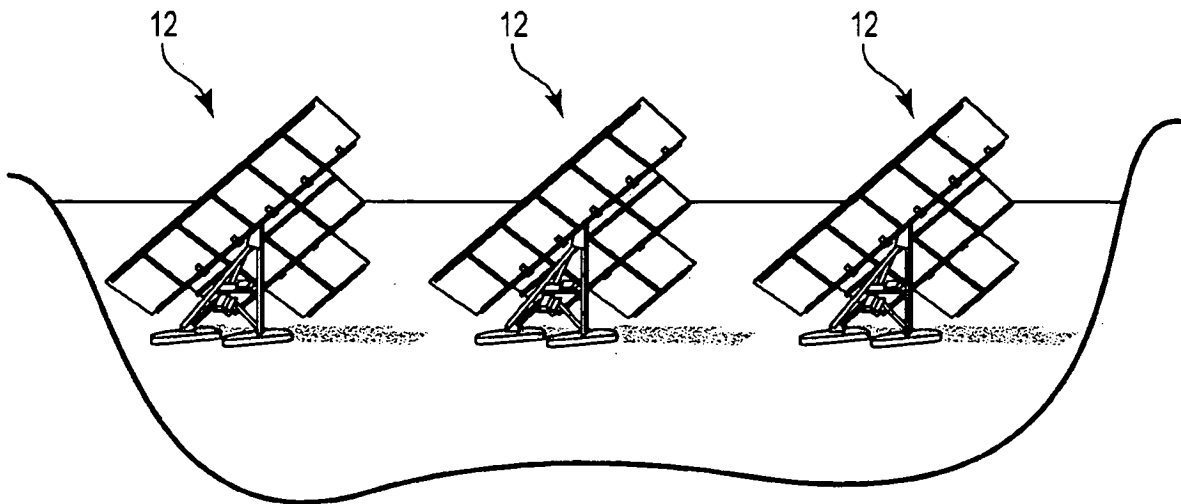


图 2(现有技术)

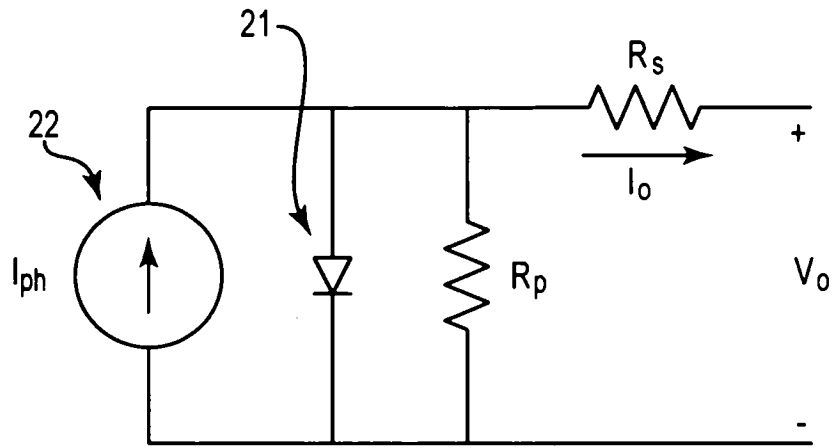


图 3(现有技术)

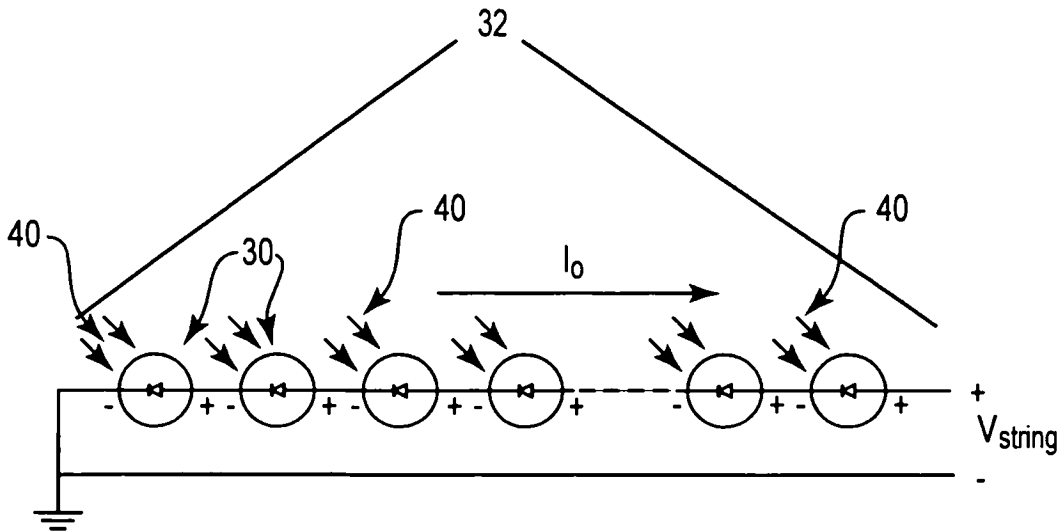


图 4(现有技术)

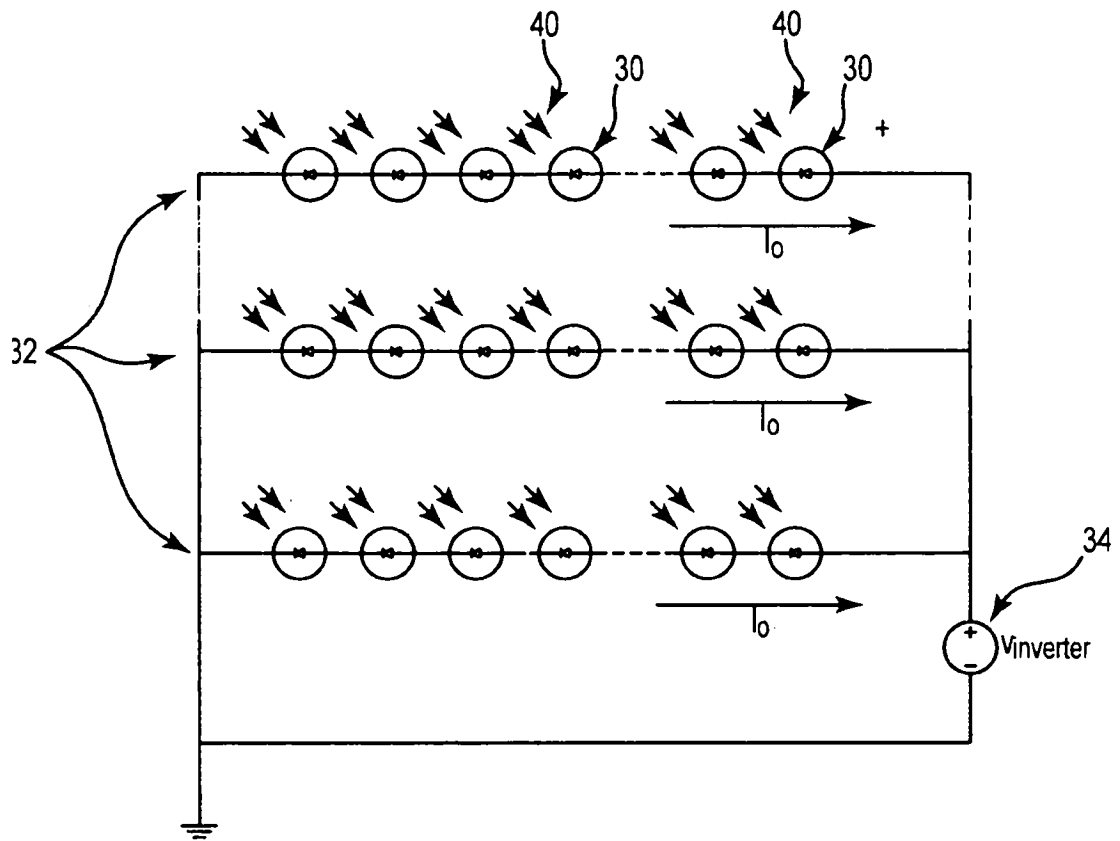


图 5(现有技术)

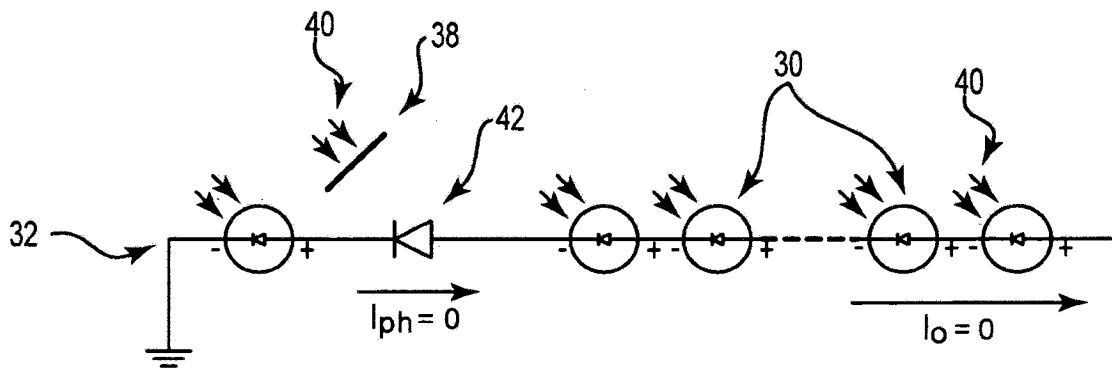


图 6A(现有技术)

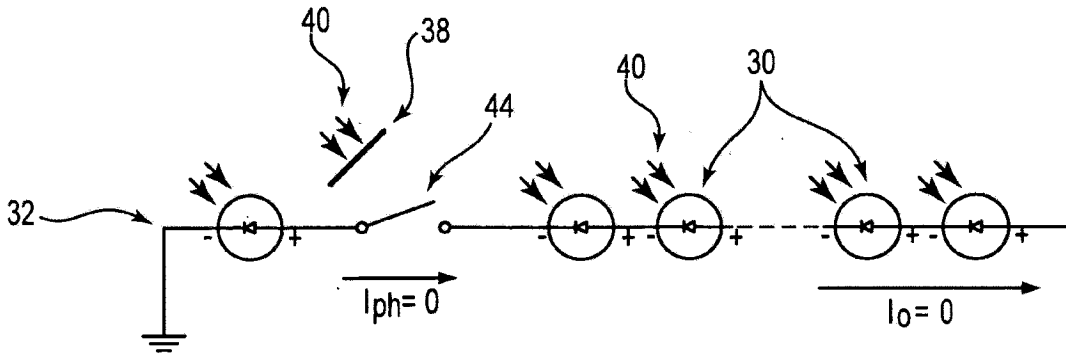


图 6B(现有技术)

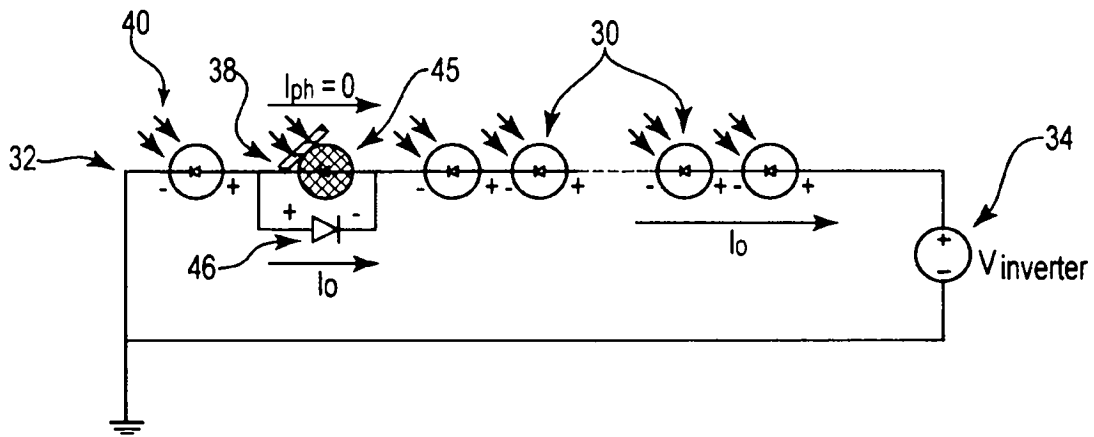


图 7(现有技术)

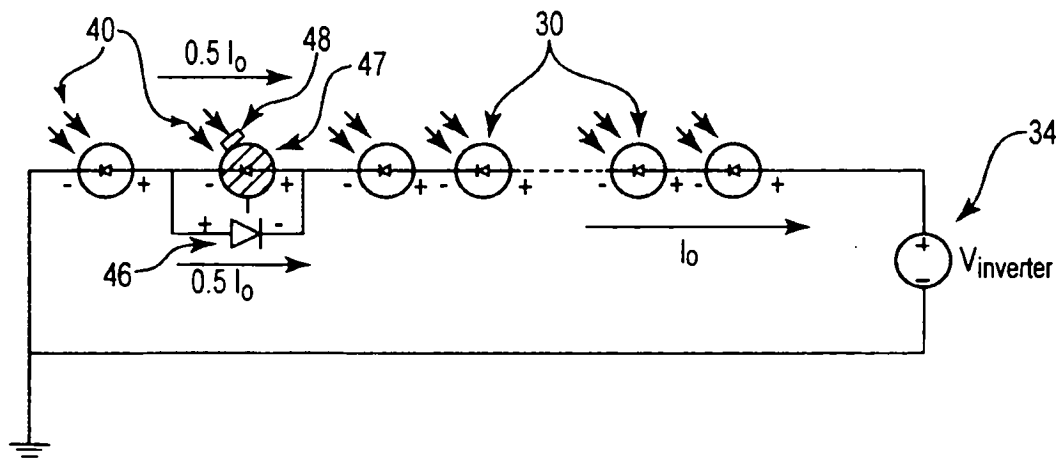


图 8(现有技术)

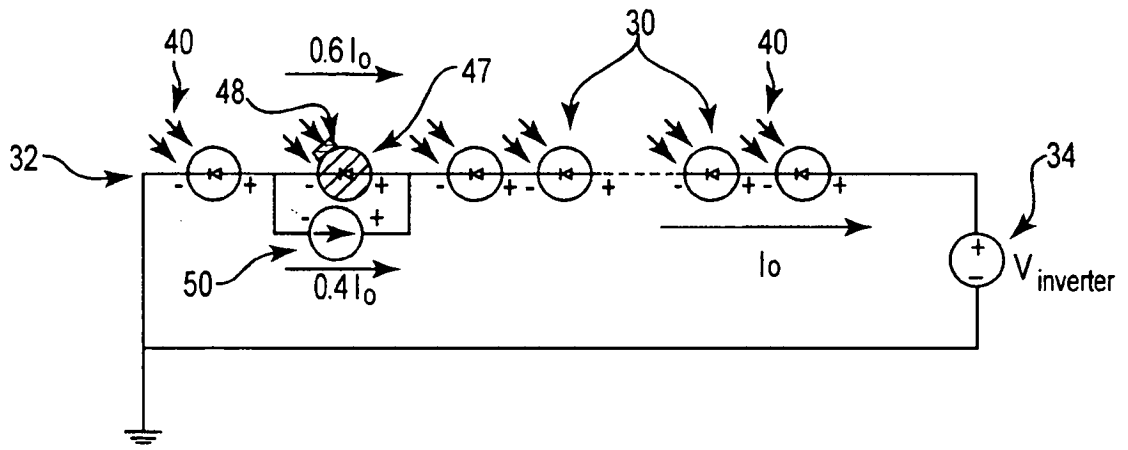


图 9

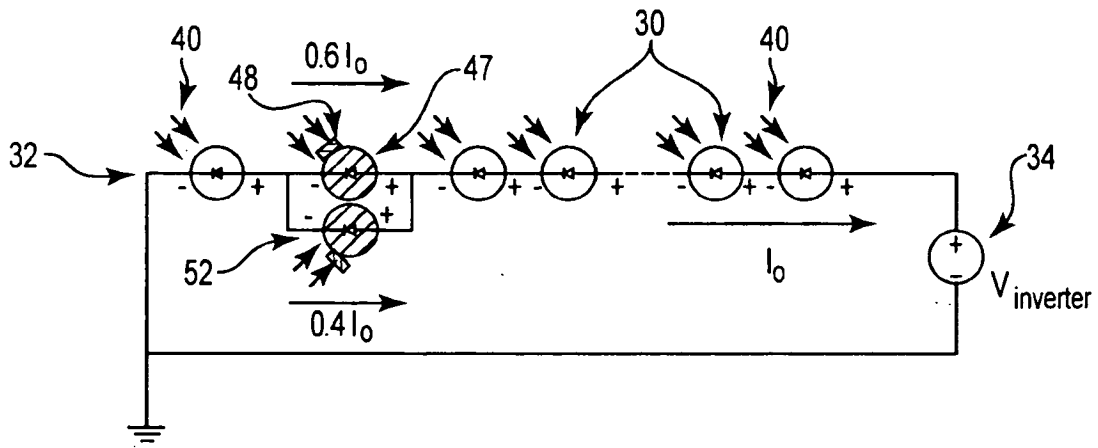


图 10

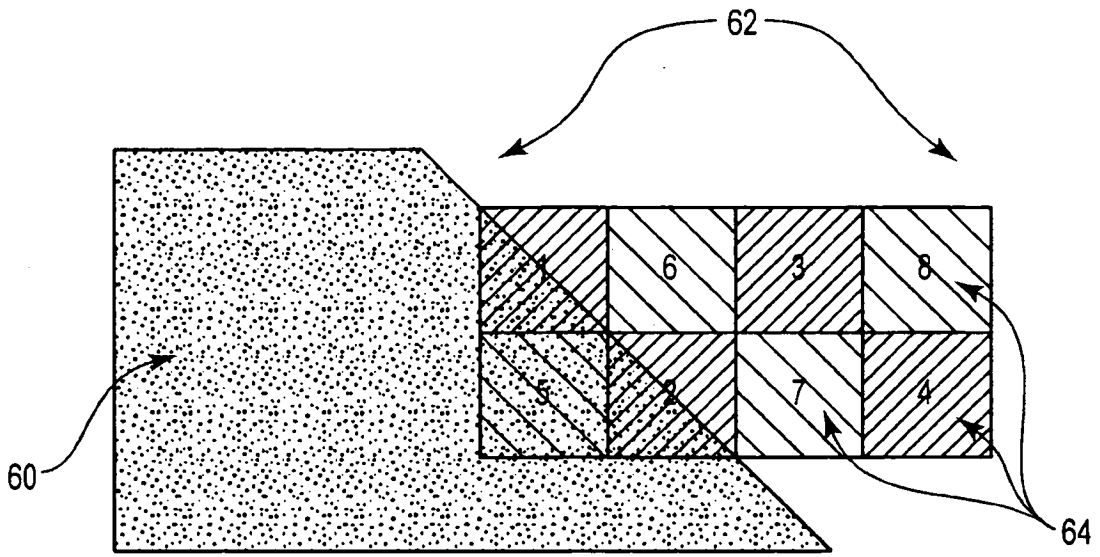


图 11A

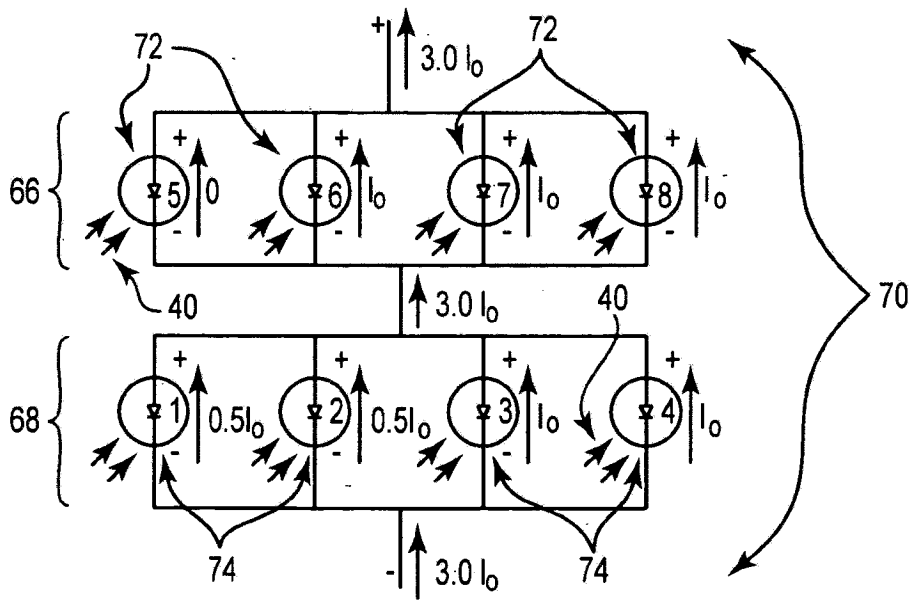


图 11B

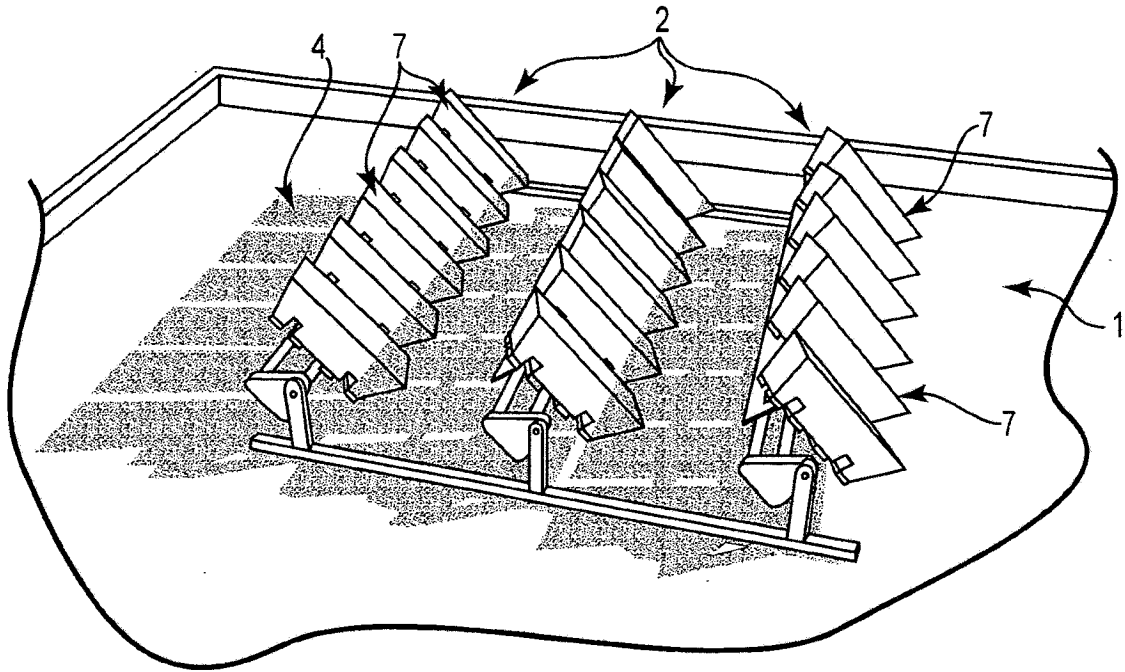


图 12A

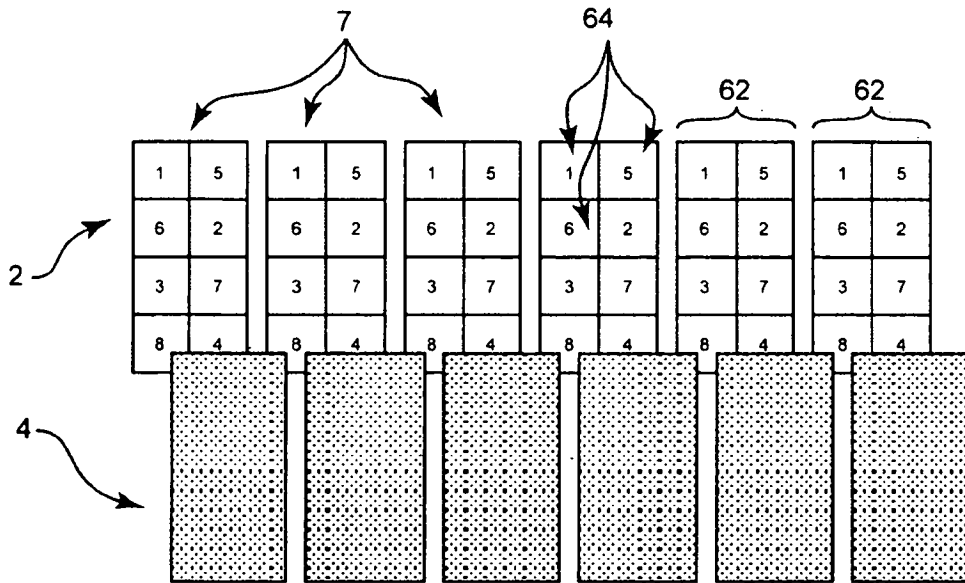


图 12B

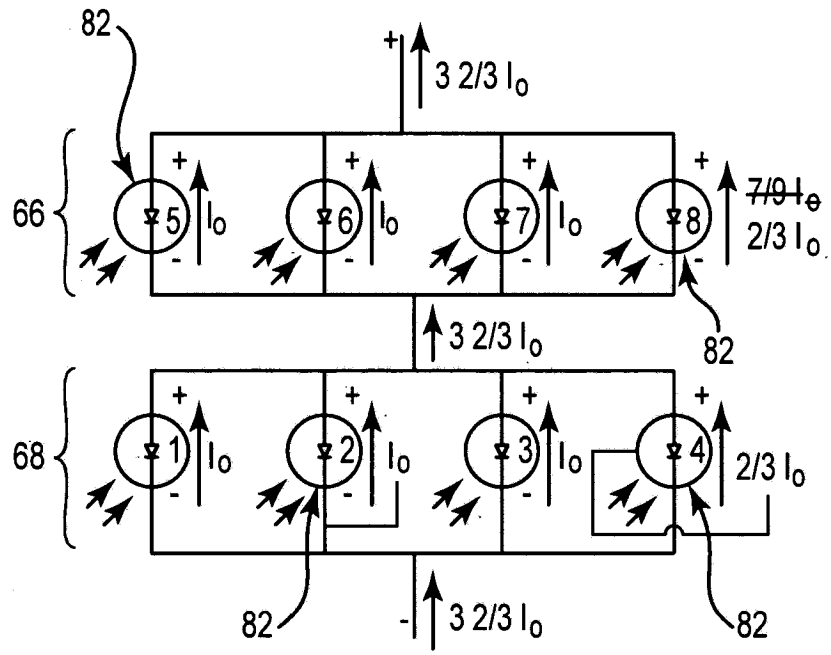


图 13

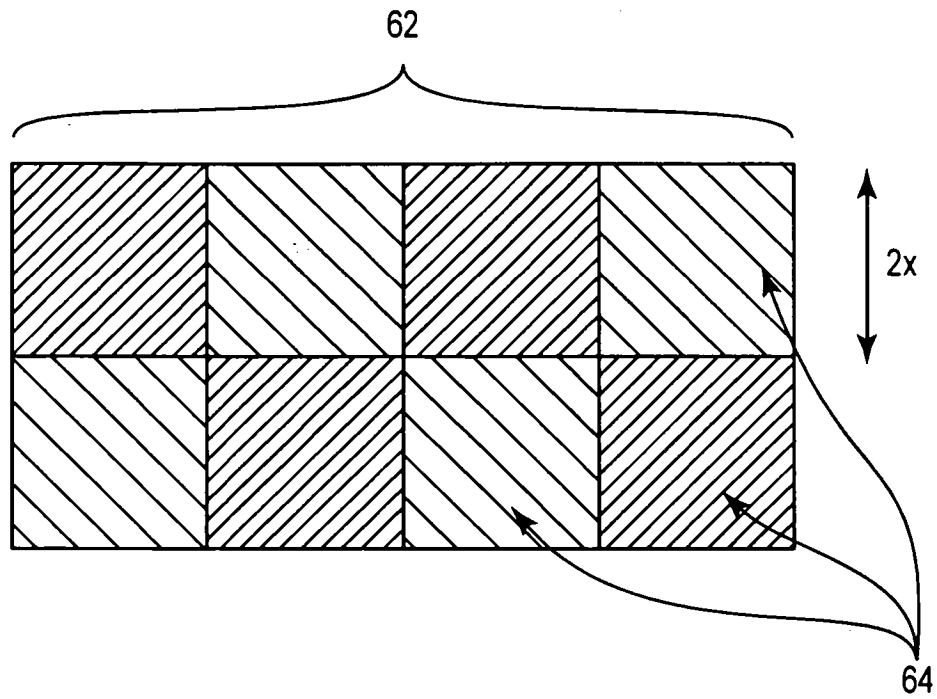


图 14A

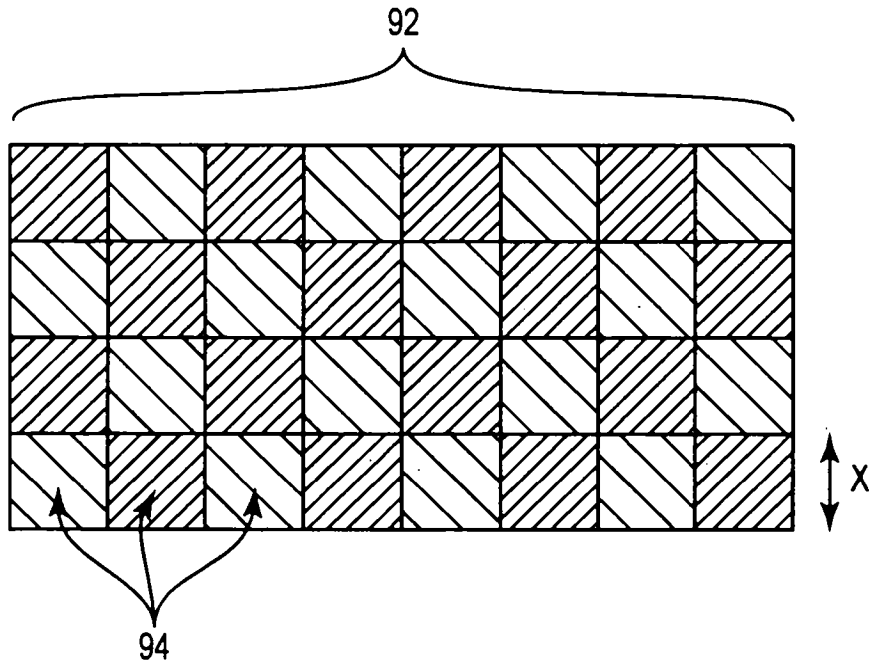


图 14B

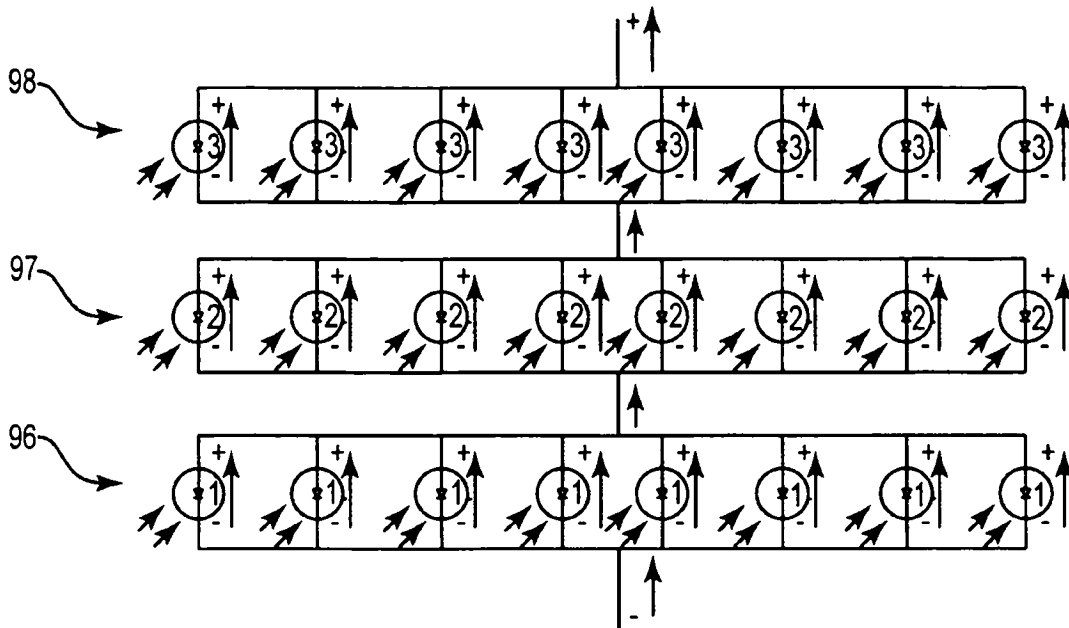


图 15A

2	3	1	2	3	1
1	2	3	1	2	3
3	1	2	3	1	2
2	3	1	2	3	1

图 15B

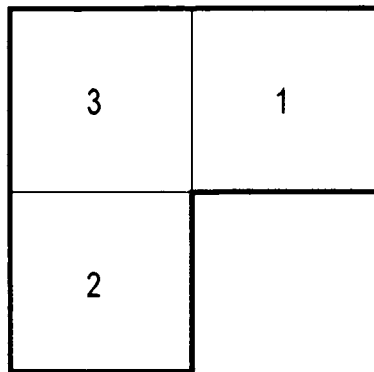


图 15C

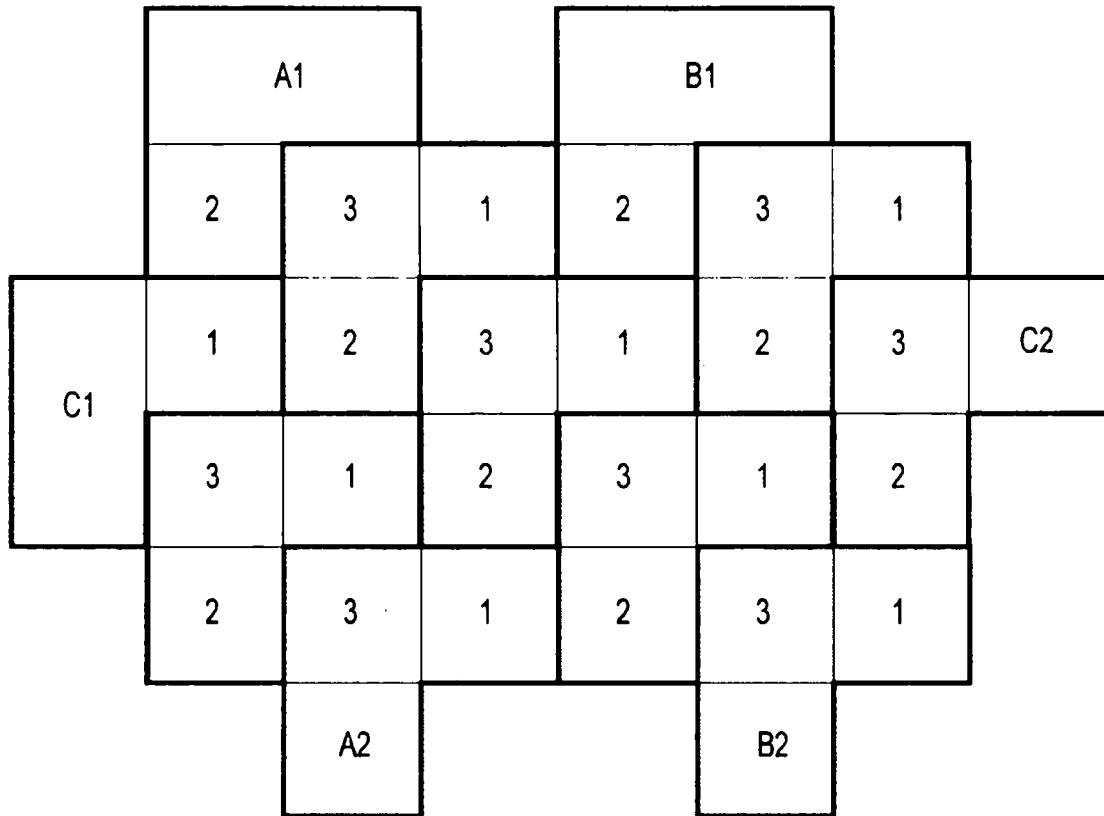


图 15D

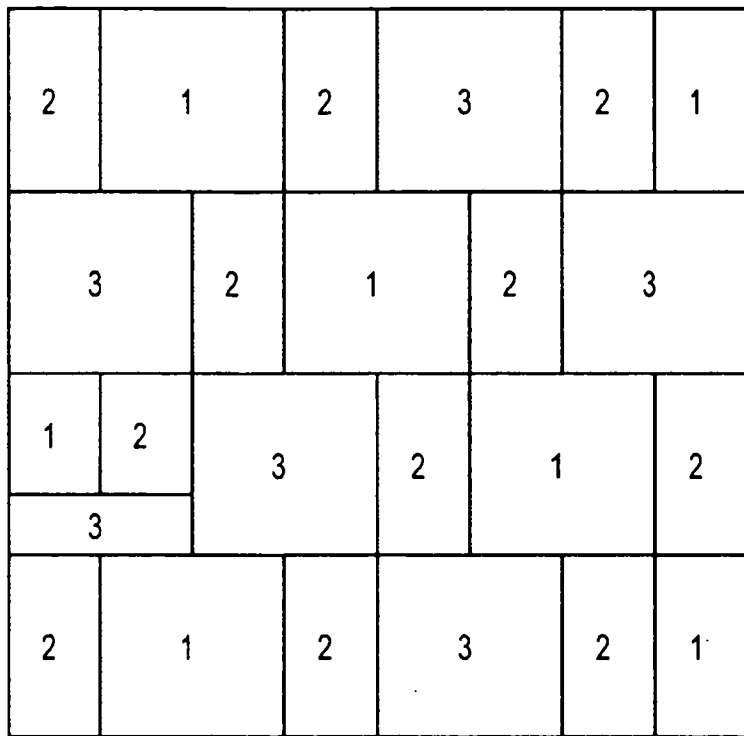


图 16A

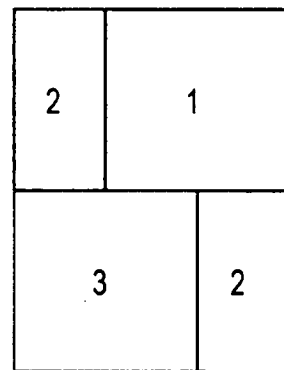


图 16B

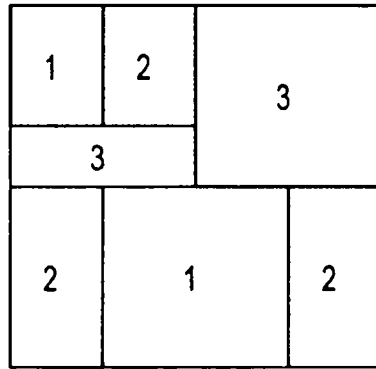


图 16C

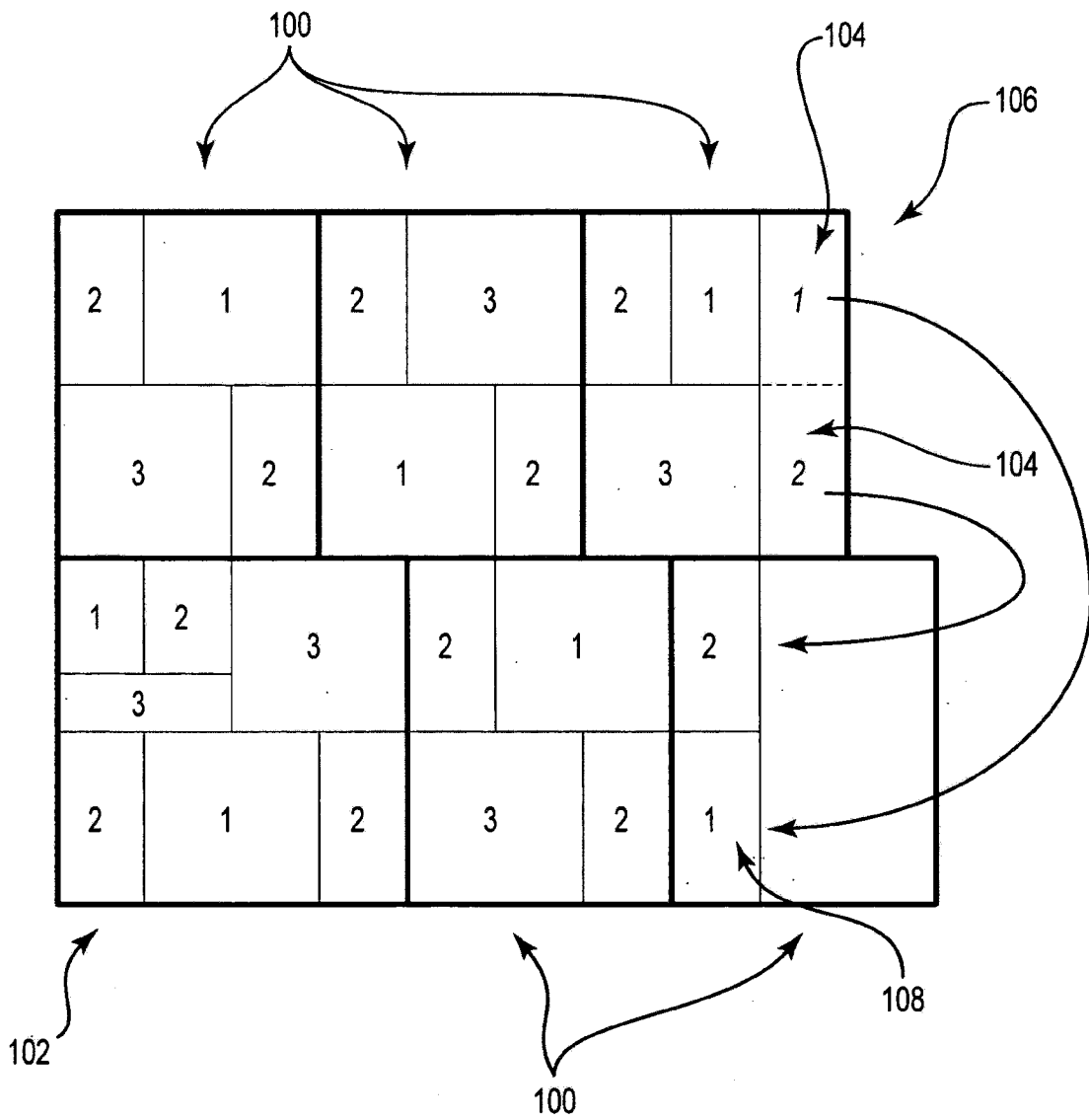


图 16D

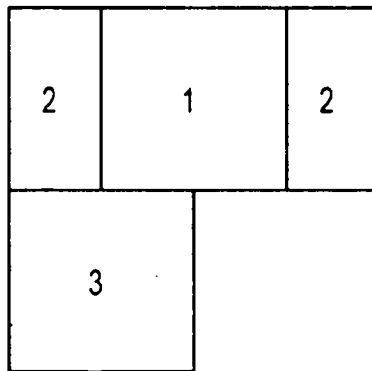


图 17A

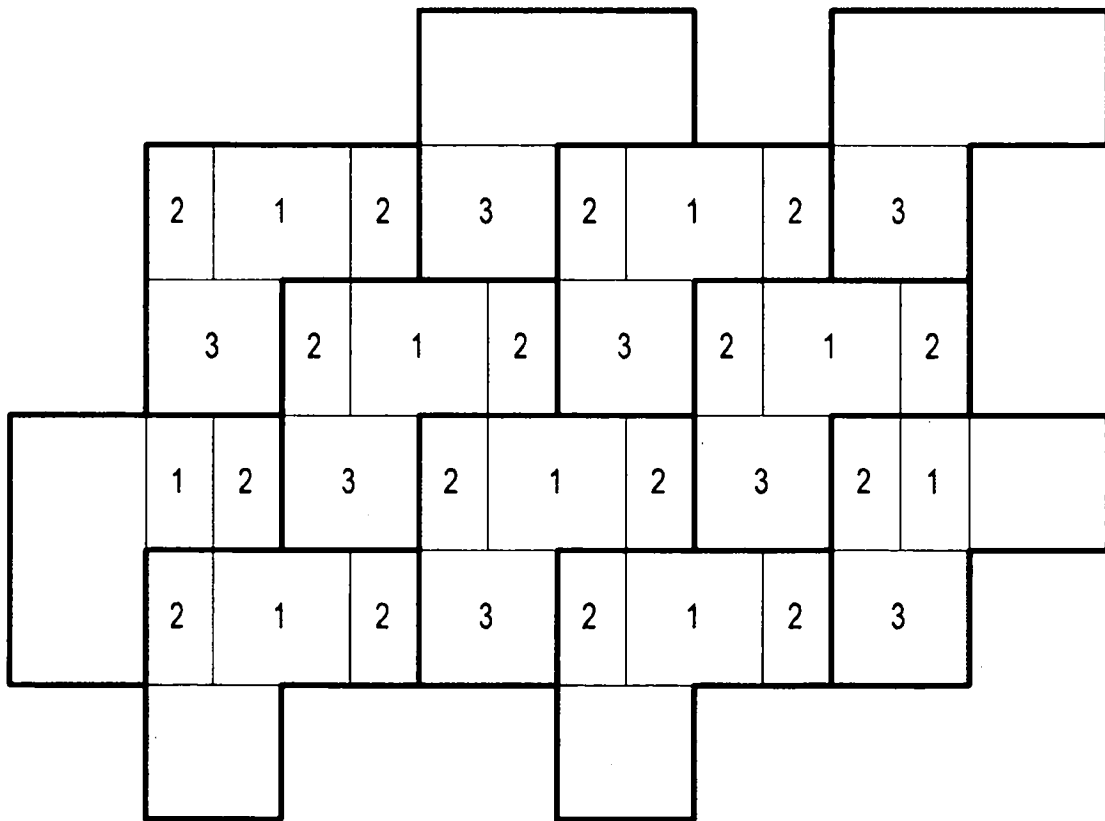


图 17B

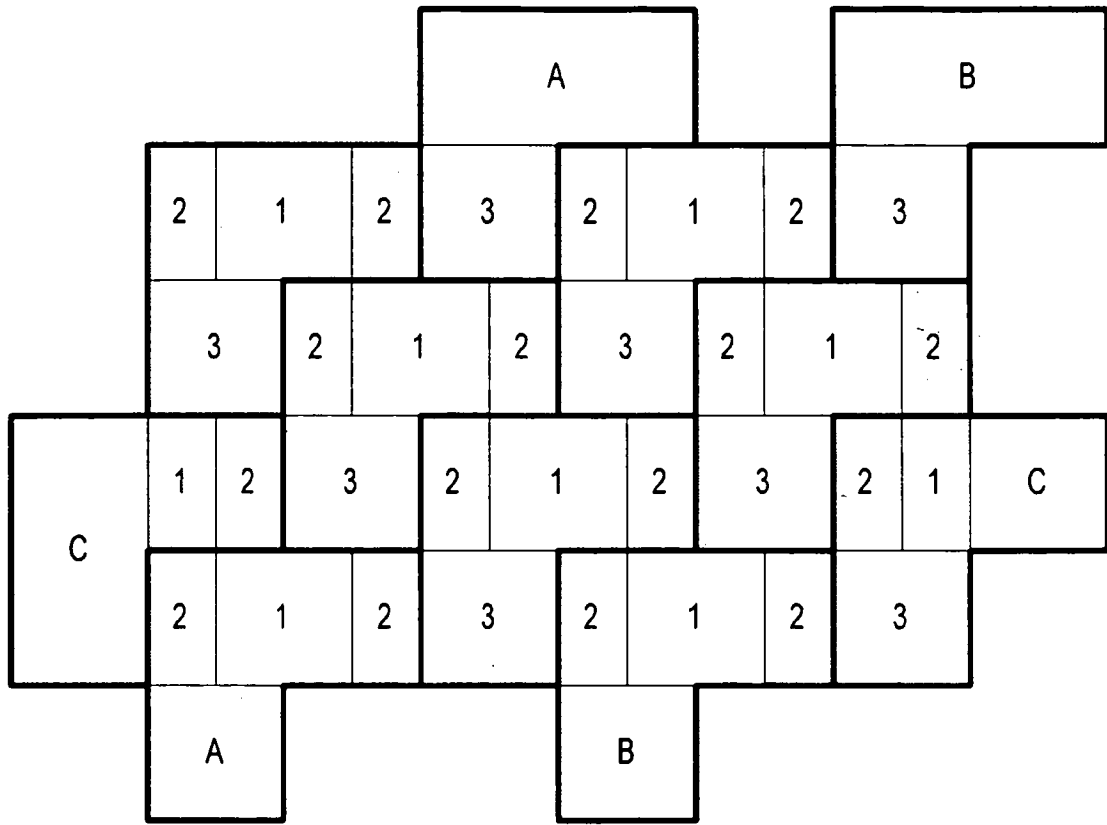


图 17C

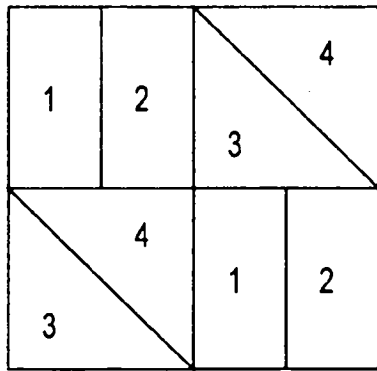


图 18A

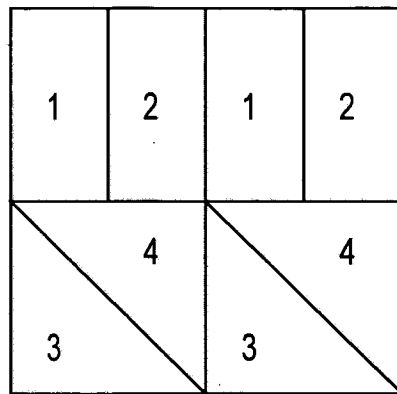


图 18B

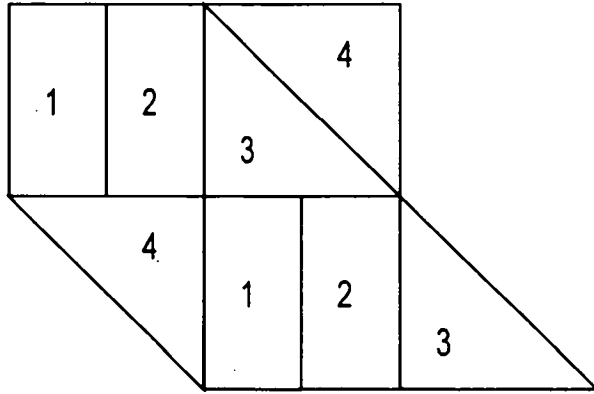


图 18C

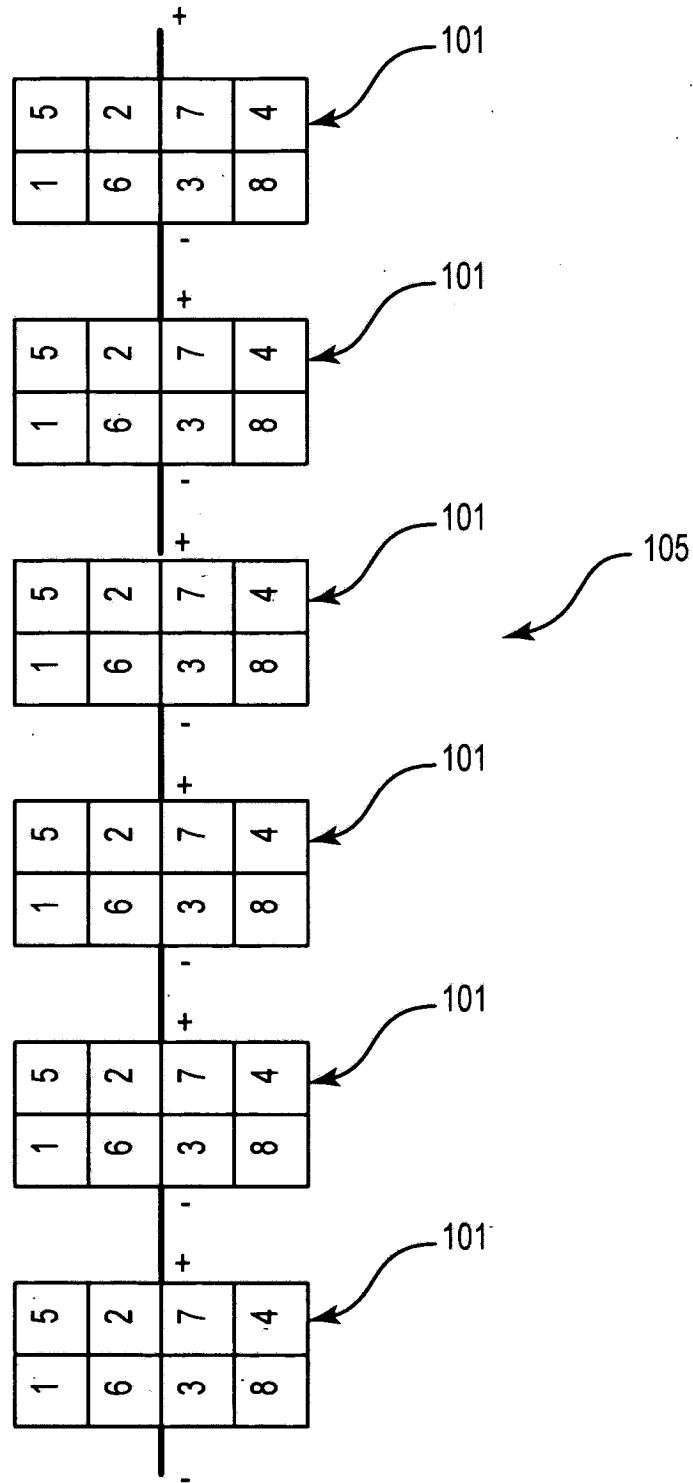


图 19A

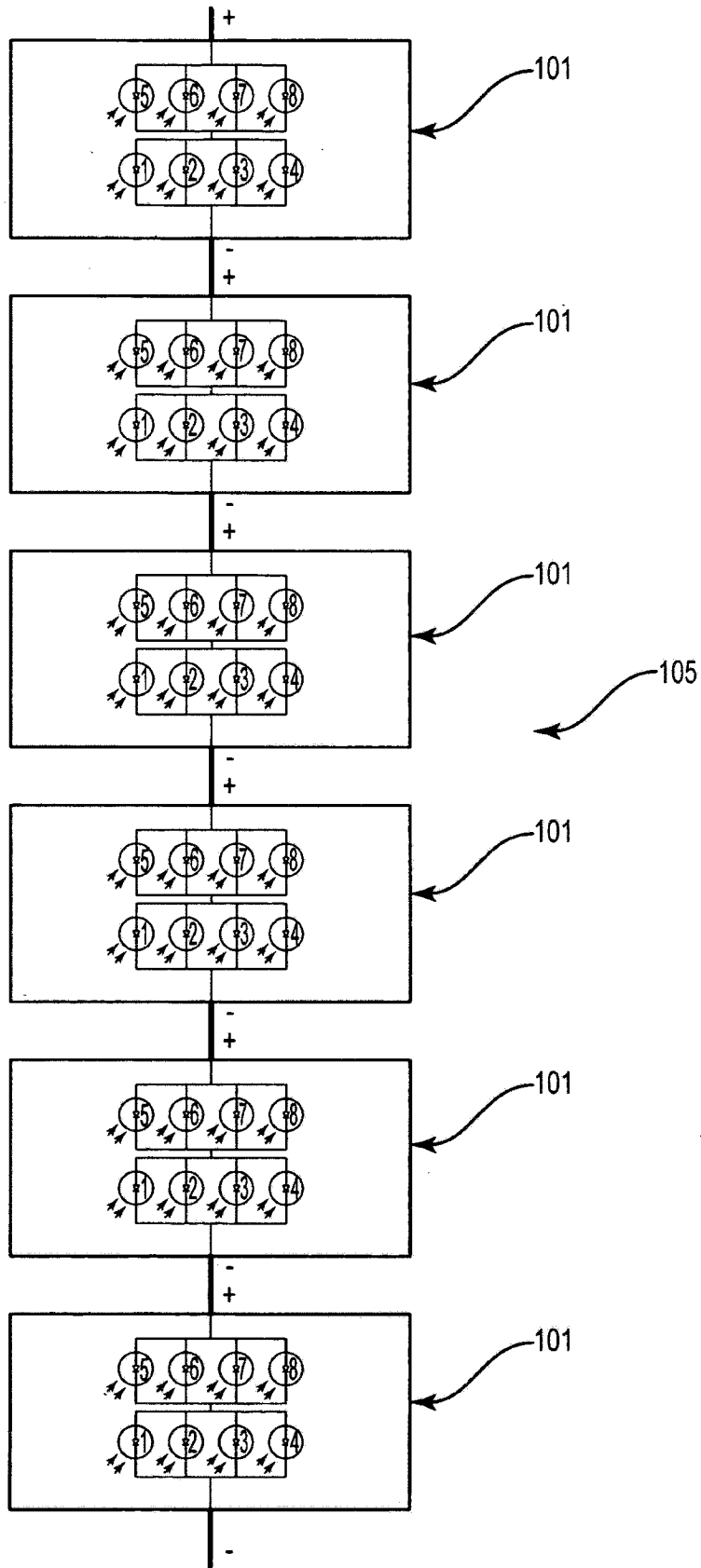


图 19B

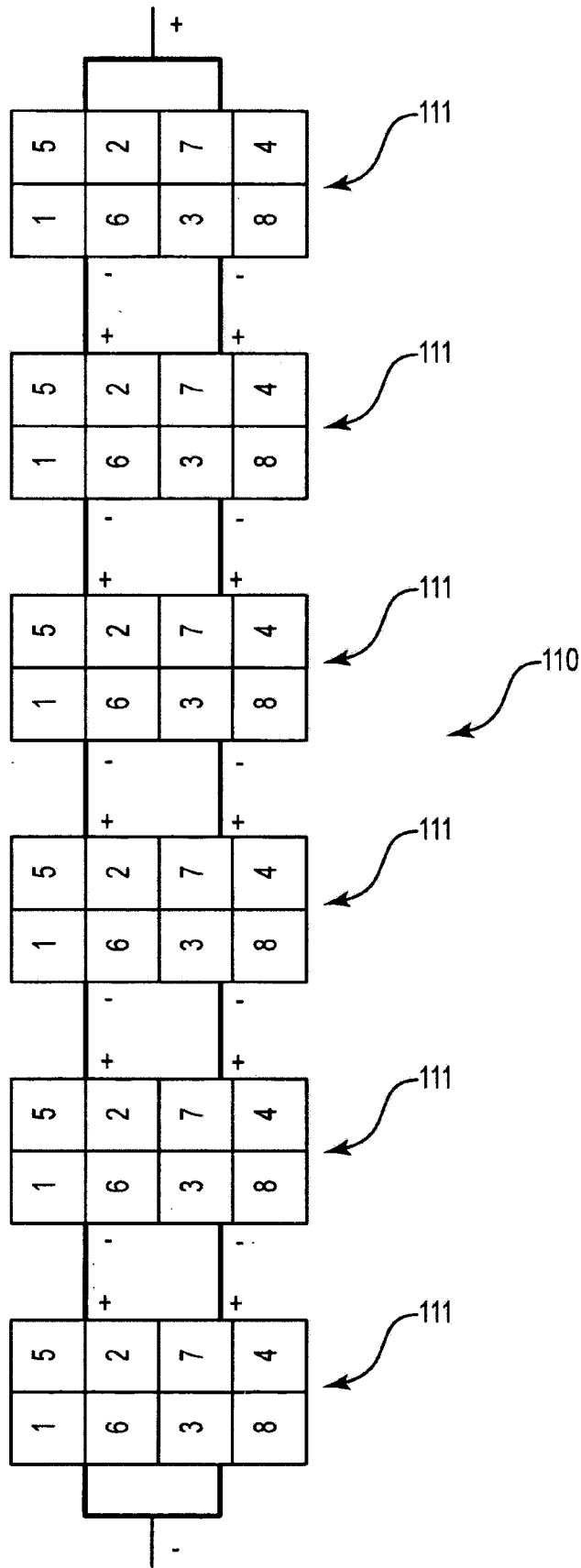


图 19C

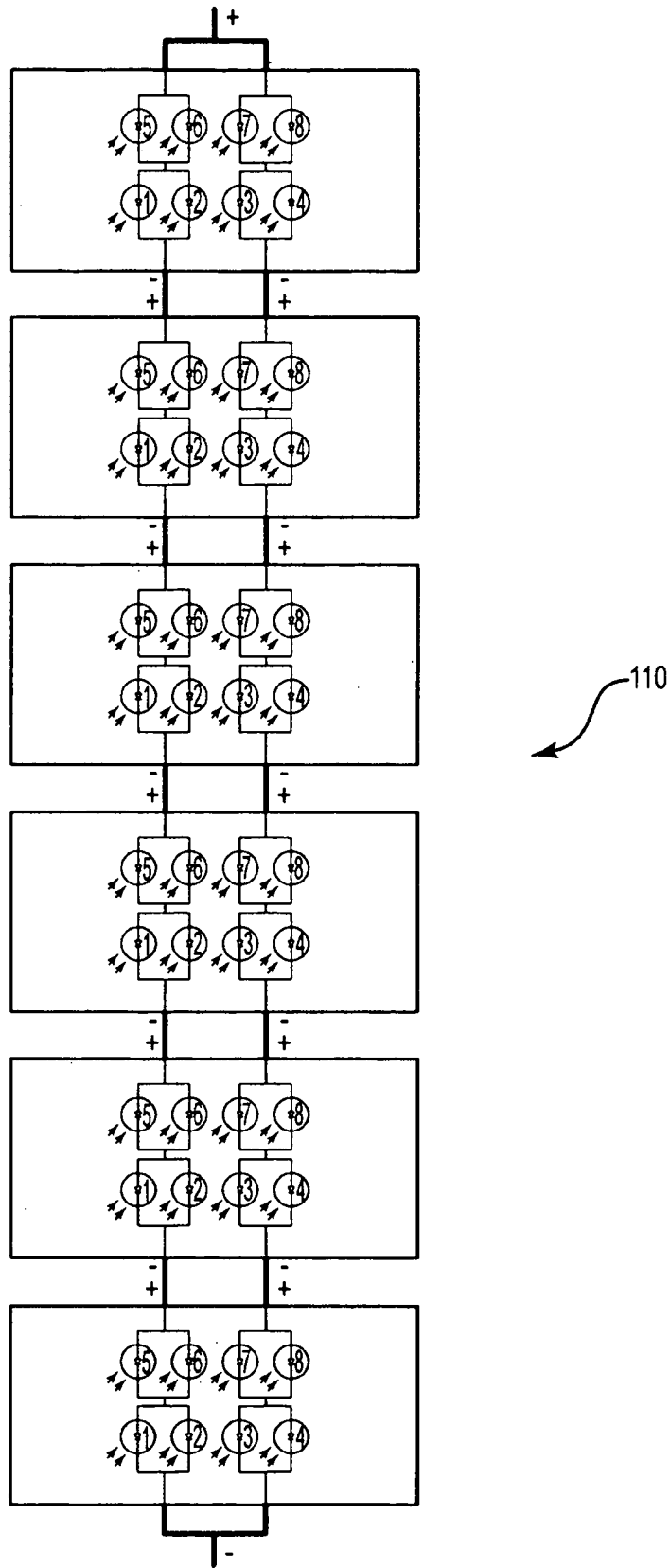


图 19D

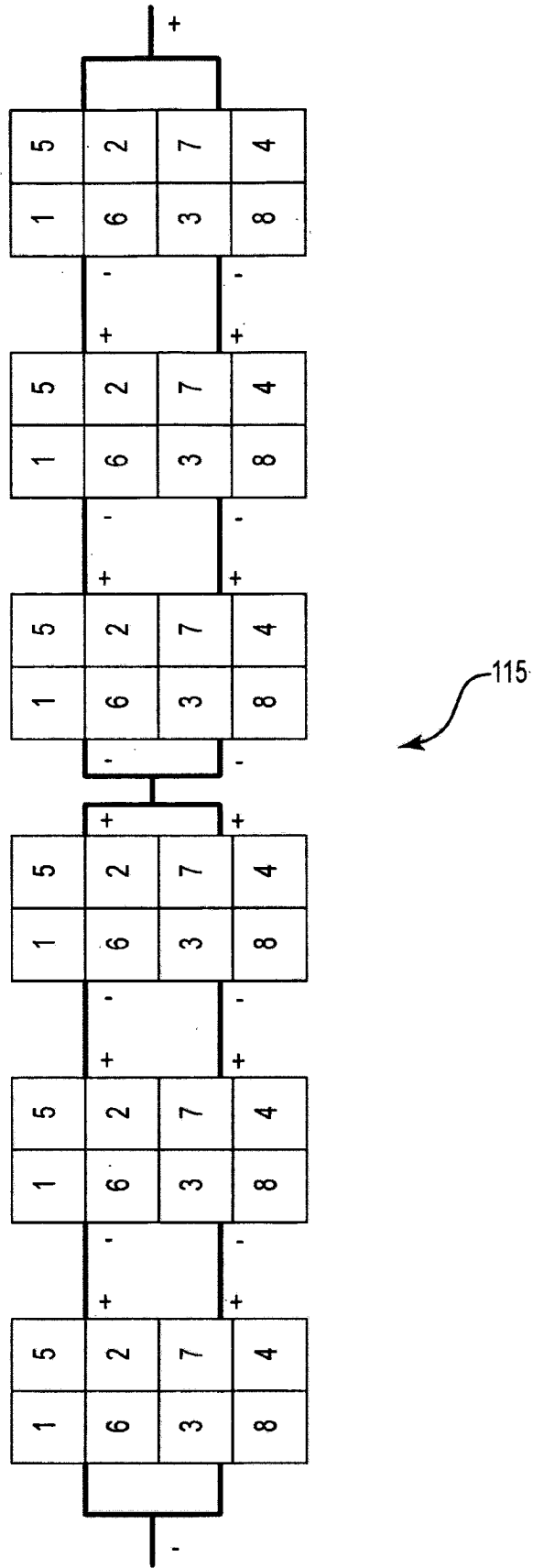


图 19E

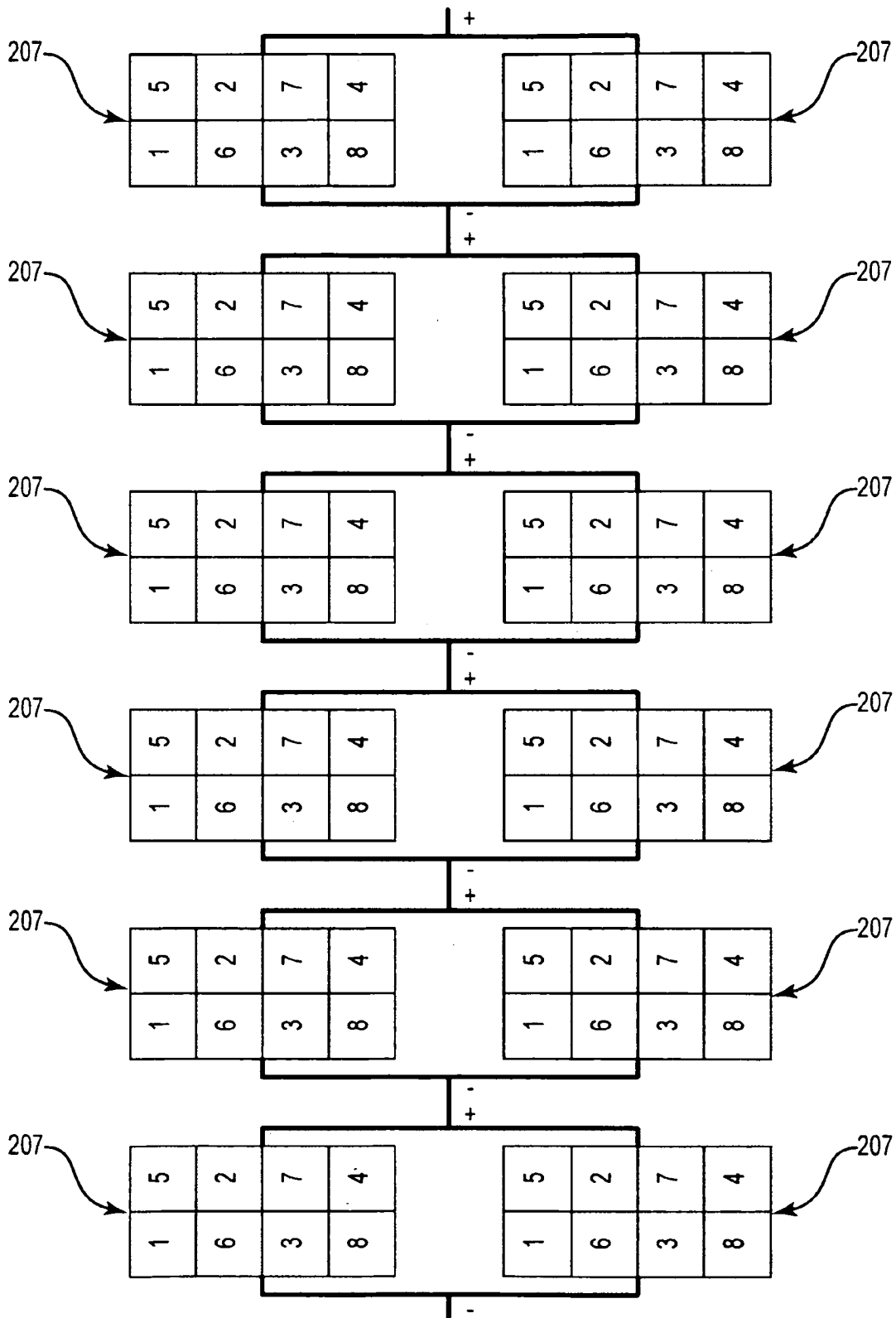


图 19F